

Keimbelastung im Umkreis von biologischen Abfall- behandlungsanlagen

Fachtagung am 25. Oktober 2006



**Bayerisches Landesamt
für Umwelt**

Augsburg, 2006 – ISBN 3-936385-99-8

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umwelt (Veranst.):

Keimbelastung im Umkreis von biologischen Abfallbehandlungsanlagen (Augsburg 25.10.2006), Augsburg, 2006

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2006

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Einführung	3
Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Gesundheitliche Wirkungen von Bioaerosolen	7
Dirk Heller, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	
Erkenntnisse des LAI-AK „Wirkungsfragen“:	25
Messungen von Mikroorganismen im Umgebungsbereich von Kompostieranlagen und Ausbreitung von Bioaerosolen	
Dr. Irene Tesseraux, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	
Stellungnahme eines Vertreters des Sachverständigenrates für Umweltfragen zum Umweltgutachten 2004	39
Prof. Dr. med. Thomas Eikmann, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Gießen	
Biologische Aerosole im Vollzug	47
Ralf Beck, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Messungen von Emissionen und Immissionen im Umfeld von Kompostieranlagen	63
Prof. Dr. rer. nat. Guido Fischer, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät der RWTH Aachen	
Die immissionsreduzierte Anlagensteuerung IRAS	75
Dr. Joachim Müsken, Ing.-Büro Müsken + Partner, Stuttgart, Thomas Lung, Ingenieurbüro Thomas Lung, Berlin	
Bioaerosole – Quellen und Maßnahmen zur Reduzierung ***	95
*** Auszug aus dem VDI-Bericht 1885 ‚Neue Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität‘	
Volker Kummer, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie	
Tagungsleitung / Referenten	107

Einführung

Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich darf Sie sehr herzlich zu unserer Fachtagung „Keimbelastung im Umkreis von biologischen Abfallbehandlungsanlagen“ begrüßen.

Die Behandlung von Bioabfall und Grüngut in Kompostier- und Vergärungsanlagen stellt ein wesentliches Element der bayerischen Abfallwirtschaft dar. So wurden 2005 knapp 1,5 Mio. Tonnen organische Abfälle – dies entspricht einem knappen Viertel der in Bayern anfallenden Abfallmenge – in 291 Kompostier- und 19 Vergärungsanlagen verarbeitet. Hinzu kommt noch eine uns unbekannte Anzahl an landwirtschaftlichen Vergärungsanlagen, in denen auch Bioabfälle mitvergoren werden.

Die positiven ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte der biologischen Abfallbehandlung sind vielfältig:

- Die erzeugten Komposte oder Gärrestedünger werden als Bodenverbesserungsmittel wieder nutzbringend eingesetzt.
- Biogasanlagen dienen der Energieerzeugung und leisten einen deutlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen.
- Biologische Abfallbehandlungsanlagen entlasten die Hausmüllentsorgungsanlagen – früher die Deponien, heute die Abfallverbrennungsanlagen – wesentlich. Der Rückgang des Siedlungsabfallaufkommens nach der Abfallkrise um 1990 geht zu einem wesentlichen Teil auch auf ihr Konto.
- Und nicht zuletzt stellen die genannten 310 Anlagen auch einen nicht unwesentlichen Wirtschafts- und Beschäftigungsfaktor dar.

Bei allen Vorgängen der biologischen Abfallbehandlung entstehen aber auch verfahrensbedingt unterschiedlichste Mikroorganismen. Diese können, abhängig von der jeweiligen Verfahrenstechnik der Anlagen und vom Grad ihrer Einhausung, mehr oder weniger als sog. Bio-Aerosole, also meist an Staubpartikel gebundene mikrobielle Partikel wie Bakterien, Pilze und Viren, emittiert werden. Auch gesundheitsschädliche Bestandteile können dabei enthalten sein, z. B. pathogene Bakterien wie Salmonellen oder potenziell allergieauslösende Schimmelpilze.

Um die Ausbreitung dieser Bio-Aerosole im Umfeld von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen zu ermitteln, wurde bereits 1996 vom damaligen Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen ein umfangreiches Untersuchungsprogramm in Auftrag zu geben. Untersucht wurden damals über den Zeitraum von einem Jahr drei Kompostieranlagen sowie zwei Nassvergärungsanlagen und deren jeweiliges Umfeld bis in 500 m Entfernung. In dem 1999 erschienenen Abschlussbericht wurde festgestellt, dass bei ordnungsgemäß errichteten und betriebenen Anlagen – auch offenen Anlagen – bei einem Abstand von 500 m keine negativen Auswirkungen durch Keimimmissionen auf die Bevölkerung zu erwarten sind.

Des Weiteren wurden in diesem Projekt Empfehlungen zur Emissionsminderung erarbeitet, die jedoch vor allem dem Vorsorgegedanken, und nicht der Vermeidung akuter Gefährdungen dienen sollen, da diese, nach allem, was wir auch heute – 7 Jahre später – wissen, nicht gegeben sind.

Einige Exemplare des Berichts sind für Sie im Eingangsbereich ausgelegt.

Aufgrund dieser seit 1999 den bayerischen Vollzugsbehörden vorliegenden Erkenntnisse stellen sich uns einige Fragen. Vielleicht sind Ihnen, als Sie die Ankündigung der Tagung gelesen haben, ähnliche Gedanken durch den Kopf gegangen:

- Haben die Erkenntnisse von damals noch Bestand? Gibt es neue Erkenntnisse?
- Sind die Vollzugsbehörden vor Ort auf dem aktuellen Kenntnisstand?
- Wo stehen wir mit unseren Anlagen? Werden sie so betrieben, dass keine nachteiligen Auswirkungen durch Biologische Aerosole auf Anwohner zu befürchten sind?

Mehrere Fälle aus der Praxis, zu denen wir uns in der letzten Zeit fachlich äußern mussten, haben es uns sinnvoll erscheinen lassen, das Thema in einer Veranstaltung aufzugreifen.

Diesen Fragen wollen wir uns heute deshalb in dieser Fachtagung stellen. Wir wollen vor allem den vor Ort im Vollzug stehenden Kollegen Hilfestellung geben.

Als landesweit tätige Fachbehörde sehen wir es als unsere Aufgabe an, Sie bei Ihrer Tätigkeit fachlich zu unterstützen. Viele von Ihnen kommen auch von sich aus immer wieder mit anstehenden Fragen oder Problemstellungen auf uns zu und bitten um eine fachliche Äußerung oder gutachtliche Stellungnahme. Sie sind vor Ort mit der ganzen Bandbreite des Immissionsschutzes bei verschiedensten Anlagen und mit neuen Entwicklungen konfrontiert, dafür sind es oft nur wenige oder gar nur einzelne Anlagen einer Art. Da ist es natürlich sinnvoll, diese Fragestellungen an das LfU heranzutragen.

Aus dem Überblick heraus wollen wir wiederum zu einem landesweit einheitlichen Vollzug beitragen, indem wir Informationsbedarf decken und Hilfestellungen anbieten, wie wir es ja schon seit je her tun, durch Fachtagungen, Mustergutachten, Musterauflagen sowie Einzelauskünften.

So schien es uns auch angebracht, das Thema „Keimemissionen“ in einer Fachtagung zu behandeln, in der wir Ihnen die aktuell geltenden Regelungen nahe bringen wollen.

Die Praxis zeigt uns, dass die rechtlichen und fachlichen Vorgaben nicht in allen Fällen eingehalten werden bzw. eingehalten werden können, z. B. die Mindestabstände, die durch die TA Luft vorgegeben werden. Für diese Fälle müssen dem Einzelfall angepasste Lösungen gefunden werden. Das notwendige fachliche Instrumentarium hierfür wollen wir Ihnen heute an die Hand geben. Gerade bei den Keimemissionen ist ausreichendes Hintergrundwissen für eine richtige Anwendung der Regelwerke wichtig.

Was wir nicht wollen – und was in der Sache auch nicht begründet wäre – ist, eine neue Gefährdungslage aufgrund von Bioaerosol-Immissionen heraufzubeschwören. Emissionen und Immissionen von Bio-Aerosolen sind nicht zu vernachlässigen, aber sie sind auch mit dem notwendigen Augenmaß – natürlich unter Beachtung der rechtlichen und fachlichen Grundlagen – zu beurteilen.

Hierzu noch mal ein kurzer Exkurs in die Vergangenheit:

Um die Jahrtausendwende wurden weitere Untersuchungen veröffentlicht, die dazu führten, dass der Sachverständigenrat für Umweltfragen in seinem Umweltgutachten 2004 erstmals Empfeh-

lungen zur Thematik aussprach. Diese werden Ihnen heute Herr Prof. Dr. Eikmann, damaliger Leiter des Sachverständigenrats, und seine Mitarbeiterin, Frau Dr. Herr erläutern.

Da die Empfehlungen des Sachverständigenrates damals in Fachkreisen kontrovers diskutiert wurden, hat das Umweltbundesamt ebenfalls noch im Jahr 2004 ein Fachgespräch mit hochrangigen Experten mit dem Titel „Mikroorganismen in der Umgebung von Bioabfallbehandlungsanlagen“ veranstaltet. Die Ergebnisse dieses Fachgesprächs sind – soweit wir wissen – noch nicht überall gleichermaßen bekannt geworden.

Als Fazit wurde damals festgestellt:

- Mikroorganismen-Immissionen aus Kompostierungsanlagen müssen aus Vorsorgegründen durch emissionsmindernde Maßnahmen und Abstandsregelungen minimiert werden.
- Ebenso wurde jedoch festgestellt, dass dieses Ziel mit den bestehenden Vorgaben erreicht werden kann. Voraussetzung hierfür ist eine einheitliche Durchsetzung der technischen Vorgaben und eine gute fachliche Betriebspraxis.

Für dieses Ziel wurden für die heutige Fachtagung zwei Schwerpunkte festgelegt.

Zum einen werden die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse im Hinblick auf folgende Themenkomplexe skizziert:

- In welchen Anlagenbereichen und bei welchen Arbeitsschritten entstehen Bioaerosol-Emissionen?
- Welche gesundheitlichen Auswirkungen durch die Belastung mit Bioaerosolen werden diskutiert?
- Wie weit breiten sich Bioaerosole aus und wie kann man sie messen?

Zum anderen gibt es anwendungsbezogene Ausführungen. Diese beschäftigen sich mit Fragen wie:

- Welche rechtlichen und fachlichen Vorgaben stehen für den Vollzug, d. h. für Genehmigung und Überwachung von Anlagen für die biologische Abfallbehandlung, zur Verfügung?
- Gibt es Möglichkeiten, die Emission von Bio-Aerosolen zu vermindern bzw. zu lenken?

Der Schwerpunkt der Ausführungen wurde dabei auf Kompostieranlagen gelegt. Viele der grundlegenden Aussagen, z. B. über gesundheitliche Aspekte von Bioaerosolen oder deren Messung können jedoch in Analogie auch auf Vergärungsanlagen übertragen werden.

Lassen Sie mich dabei noch ein Wort zu Vergärungsanlagen verlieren:

Zu diesem Anlagentyp liegen immer noch vergleichsweise wenige Untersuchungen vor.

Diese weisen jedoch auf folgende Zusammenhänge hin:

Im Bereich der Bioabfallanlieferung sowie in den Aufbereitungshallen wurden die höchsten Gehalte an Bio-Aerosolen gemessen, die vergleichbar sind mit den Gehalten bei Kompostieranlagen. Ebenfalls vergleichbar sind die Gehalte, die aus Biofiltern emittiert werden. Vergärungsanlagen sind jedoch aufgrund der Tatsache, dass die meisten Anlagenteile gekapselt ausgeführt sind, im Vergleich zu Kompostierungsanlagen, bei denen zumindest die Nachrotte meist offen gestaltet ist, tendenziell von etwas geringerer Emissionsrelevanz. Jedoch ist auch bei diesen Anlagen die Emis-

sion von Bio-Aerosolen, v. a. bei der Formulierung von Anforderungen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens, aber auch bei der Anlagenüberwachung, nicht zu vernachlässigen. Dies geschieht am besten – wie ich den Umweltschutzingenieuren und Fachleuten unter Ihnen eigentlich nicht erklären muss – durch konsequente Anwendung der rechtlichen Vorgaben und des jeweiligen Standes der Technik.

Ich denke, aufgrund des gegenwärtigen Booms von Biogasanlagen besteht – auch wenn ausschließlich nachwachsende Rohstoffe und keine Bioabfälle eingesetzt werden – durchaus noch ein gewisser Forschungsbedarf.

Lassen Sie mich nun abschließen mit einem kurzen Blick in die Zukunft.

Wo sehen wir noch Handlungs- bzw. Forschungsbedarf?

Für Bayern besteht aus meiner Sicht die wichtigste Aufgabe für die nähere Zukunft in der genannten Vereinheitlichung des bayerischen Vollzugs, wofür sich die heutige Fachtagung einschließlich Tagungsband als wichtiger Baustein versteht.

Darüber hinaus ist die Harmonisierung von Anforderungen für gleiche Anlagentypen – und deren einheitliche Durchsetzung – auch auf Bundesebene voranzutreiben. Das notwendige rechtliche und fachliche Instrumentarium steht hierfür zur Verfügung.

Langfristig ist die beim o. g. UBA-Fachgespräch als Ziel formulierte Vereinheitlichung der technischen Vorgaben, deren einheitliche Durchsetzung und eine gute fachliche Betriebspraxis aller Anlagen zur biologischen Abfallbehandlung auch europaweit anzustreben.

Nur durch diese Harmonisierung, die sicher auch im Interesse der Fachverbände ist, können ungleiche Behandlungen von Anlagenbetreibern, Preisdumping sowie unnötige – und unökologische – Bioabfalltransporte – auch über die nationalen Grenzen hinaus – verhindert und die Immissionsbelastung der Anwohner gemäß dem Stand der Technik einheitlich und konsequent begrenzt werden.

Zur vorsorglichen Minimierung von Immissionen gehört meines Erachtens auch die weitere Erforschung technischer Emissionsminderungsmaßnahmen, wie dies auch von der Bundesgütegemeinschaft Kompost anerkannt bzw. gefordert wird.

Hiermit möchte ich auch schon schließen und gebe das Feld frei für den ersten Redner. Ich wünsche Ihnen allen eine interessante und kurzweilige Veranstaltung und einen angenehmen Aufenthalt in Augsburg.

Den Referentinnen und Referenten danke ich sehr herzlich für ihre Arbeit und für ihre Bereitschaft, uns an ihrem Wissen teilhaben zu lassen!

Durch den Tag führen Sie Herr Ralf Beck und Herr Franz Emmerig. Auch Ihnen herzlichen Dank.

Gesundheitliche Wirkungen von Bioaerosolen

Dipl.-Ökol. Dirk Heller, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Definition Bioaerosole

Luftgetragene Teilchen biologischer Herkunft
(DIN EN 13098)

Alle im Luftraum befindlichen Ansammlungen von Partikeln, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie deren Zellwandbestandteile und Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine, Mykotoxine) anhaften bzw. diese beinhalten oder bilden (VDI 4253 Blatt 2).

- Kultivierbare Mikroorganismen [KBE/m³]
und
- nicht kultivierbare Mikroorganismen

Gesundheitsrelevante Mikroorganismen (I)

- **Bakterien**

Gesamtbakterienzahl (37 °C)

Gattungen Streptococcus, Staphylococcus, Salmonella

Thermophile Actinomyceten

- **Pilze**

Gesamtpilzzahl (25 °C), Thermophile Pilze (45 °C)

Gattung Aspergillus, *Aspergillus fumigatus*

- **MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds)**

durch Schimmelpilze erzeugte flüchtige organische Verbindungen

z. B. Dimethylsulfid



Gesundheitsrelevante Mikroorganismen (II)

- **Endotoxine (EU/m³)**

Abgestorbene Zellwandbestandteile gramnegativer Bakterien

- **Mykotoxine**

Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze

z. B. *Aspergillus flavus* → Aflatoxin

- **Gesamtzellzahl**

Bestimmung der kultivierbaren und der nicht kultivierbaren Mikroorganismen in Zellen/m³, Unterscheidung zwischen lebenden und abgestorbenen Mikroorganismen nicht möglich



Messparameter nach VDI 4251 Bl. 1 E Kompostierungsanlagen

Anlagenbezogene Messparameter		Schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter
Obligate Messparameter (z. T. Leitparameter)	Fakultative Messparameter	Fakultative Messparameter
Gesamtbakterienzahl 37 °C Gesamtpilzzahl 25 °C Thermophile Aktinomyzeten Thermophile Pilze <i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Aspergillus flavus</i> Thermophile Bakterien Endotoxine Mesophile Aktinomyzeten <i>Penicillium spp.</i>	Differenzierung der Pilze

D. Heller

5



Belastung durch Bioaerosole im Umfeld von Kompostierungsanlagen

- Betriebliche Aktivitäten (Emission) führen zu höheren Immissionskonzentrationen im Umfeld der Anlage
- Entfernungsabhängiges Immissionsprofil für anlagenspezifische Organismen
- Erhöhte Immissionskonzentrationen im Anlagenumfeld gegenüber Hintergrund
- Anlagennah bis 10^3 – 10^4 KBE/m³ je nach Parameter, in Einzelfällen bis 10^5 KBE/m³ (Maximalwerte bei ungünstigen Bedingungen)
- Immissionsseitige Reichweite abhängig von Bauart der Anlage
- Reichweite bis ≥ 500 m (im Einzelfall bis 800 m)
- zusätzliche Exposition / Belastung der AnwohnerInnen
- Minderung der Immissionen anzustreben

D. Heller

6



Bioaerosolbedingte Erkrankungen (I)

Infektionen

- v. a. Invasive Aspergillose
- Prädisposition: verminderte Immunabwehr
- verursacht durch fakultativ pathogene Schimmelpilze
Aspergillus fumigatus,
Aspergillus flavus,
Aspergillus niger

Bioaerosolbedingte Erkrankungen (II)

Allergien

- Durch die immunologische Abwehr von an sich unschädlichen exogenen Antigenen ausgelöste Krankheitszustände
- Genetisch determinierte Prädisposition zu Allergien: 10 bis 25 % der Bevölkerung in BRD
- Entzündliche u./o. gewebeschädigende Reaktionen
- Sensibilisierungsperiode
d. h. bei erstmaligen oder periodischen Kontakt mit Allergenen spez. Zustandsänderung im Immunsystem, Bildung von Antikörper

Bioaerosolbedingte Erkrankungen (IV)

Allergien

- Typ I-Allergie (Sofort-Typ-Reaktion)
 - Erhöhte IgE-Antikörper
 - Allergen: insb. Schimmelpilze
 - Allergische Rhinitis, allerg. Konjunktivitis, allerg. Asthma bronchiale
- Typ III-Allergie (Spätreaktion)
 - Erhöhte IgG-Antikörper
 - Exogen Allergische Alveolitis (EAA)
 - Allergene: Schimmelpilze, Aktinomycceten u. a. m.
 - Symptome: Husten, Atemnot, Fieber, Schüttelfrost, Gewichtsverlust, Abgeschlagenheit bis hin zu irreversiblen, entzündlichen Infiltrationen des Lungengewebes, Rechtsherz-Insuffizienz

Bioaerosolbedingte Erkrankungen (V)

Toxische Wirkungen

- **Auslöser**
 - Mykotoxine der Gattungen Aspergillus, Penicillium, Fusarium u. a., insb. Aflatoxine
 - Endotoxine
- **Schleimhautirritationen (Mucous Membrane Irritation, MMI)**
 - Auslöser insb. Endotoxine
 - Entzündungen der Schleimhäute und Augen
- **Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS)**
 - Auch toxische Alveolitis oder Toxinfieber genannt, z. B. Getreide- bzw. Mühlenfieber
 - Symptome: Fieber, grippeartige Zustände, Erschöpfung
 - Reaktion erfolgt innerhalb weniger Stunden nach Exposition
 - Akuterkrankung, keine Prädisposition notwendig
 - Einmalige, kurzfristige Exposition ausreichend

Gesundheitliche Auswirkungen - Epidemiologische Studien mit berufsbedingter Belastung

- ArbeitnehmerInnen im Vergleich zu Allgemeinbevölkerung relativ gut untersucht
- Erkenntnisse nicht direkt auf Allgemeinbevölkerung übertragbar
- Bei hohen Konzentrationen: ODS, EAA (v. a. Landwirte)
- MMI bei Schimmelpilz-Konzentration von $> 10^3$ KBE/m³
- Bei Kompostwerkern:
 - erhöhte Häufigkeit von Reizungen der Augen und oberen Atemwege, Hauterkrankungen
 - Verschlechterung der Lungenfunktion
 - erhöhte spezifische Antikörper



Gesundheitliche Auswirkungen - Umweltepидemiologische Studien -

Umweltmedizinische Relevanz von Emissionen aus Kompostierungsanlagen für die Anwohner (Eikmann et al. 1999, 2003, Herr et al. 2004)

- Bei Anwohnern von drei Kompostierungsanlagen signifikant vermehrt Beschwerden der Atemwege, Haut und Augen festgestellt
- Symptome nicht mehr nachweisbar bei Kontrolle 3 Jahre nach Betriebseinstellung (Ausnahmen: Augenbrennen, unspez. Beschwerden)
- Allergien und Infektionen traten nicht häufiger auf
- Die von Anwohnern angegebenen Atemwegsbeschwerden können im Sinne einer MMI interpretiert werden
- Gemessene Konzentrationen $> 10^5$ KBE/m³ (Gesamtakterien und Actinomyceten)



Gesundheitliche Auswirkungen

- Umweltepидemiologische Studien - Intensivtierhaltung

- **MORBUS-Projekt, Niedersachsen (Schlaud et al. 1998):**
 - asthmakranke Kinder aus belasteten Gebieten jünger (d. h. erkranken früher) u. häufigere Arztkontakte als Kinder aus unbelasteten Gebieten
 - Ursächlicher Zusammenhang nicht herstellbar
- **Untersuchungsprogramm Niedersachsen: „Gesundheitliche Bewertung der Bioaerosole aus Anlagen der Intensivtierhaltung“**
- **Niedersächsische Lungenstudie NiLS (Radon et al. 2004):**
 - Exposition gegenüber einer sehr hohen Anzahl von Betrieben (12 Ställe in einem Radius von 500 m) mit Einschränkung der Lungenfunktion (vermehrt giemende Atemgeräusche, verringerte Einsekundenkapazität) verbunden
 - Inverser Zusammenhang zwischen Belastung mit Bioaerosolen aus Ställen und Wahrscheinlichkeit einer Sensibilisierung gegenüber Inhalationsallergenen (vermutlich Endotoxinen zuzuschreiben)

D. Heller

13



Gesundheitliche Auswirkungen

- Umweltepидemiologische Studien - Intensivtierhaltung

- **AABEL-Studie Niedersachsen (Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region) (Hoopmann et al. 2004)**
 - Bei familiär prädisponierten Kindern gehäuftes Auftreten von allergischen Symptomen mit steigender Exposition
 - Effekte aber nicht eindeutig einem Bioaerosol zuzuordnen
 - Mögliches Zusammenwirken von genetischer Prädisposition und Exposition in Richtung einer vermehrten Asthmasymptomatik
 - Andererseits negativer Zusammenhang zwischen Exposition und Sensibilisierung gegenüber Inhalationsallergenen

D. Heller

14



Bioaerosol-Konzentrationen und gesundheitliche Beschwerden (BMU 2004)

Krankheitsbild	Auslösende Schimmelpilz-Konzentration [KBE/m ³]
MMI	$> 10^3$
ODTS	10^6 bis 10^9
Allergische Reaktionen bei sensibilisierten Personen	$> 10^2$

Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen

- kein wirkungsbezogener Bewertungsmaßstab vorhanden
- kausale Beziehung zwischen Erkrankungsrisiko von Anwohnern und einzelnen Bioaerosolen sowie deren Konzentrationen bislang nicht ableitbar
 - *Dosis-Wirkung-Beziehung fehlt*
- Derzeitiges Bewertungskriterium:
gegenüber HG-Konzentrationen erhöhte Immissionen?
 - erhöhte Immissionen = erhöhte Exposition
 - erhöhte Exposition \triangleq zusätzliches Risiko

Anlagengenehmigung und - überwachung nach BImSchG und TA Luft

- TA Luft Nr. 1: Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen
- TA Luft Nr. 5.4.7.1: *„Die Möglichkeiten, die Emissionen an Keimen und Endotoxinen durch den Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu vermindern, sind zu prüfen“.*
- Erlass des MUNLV NRW zur Umsetzung der TA Luft bei Kompostierungsanlagen vom 31. Mai 2005
„Grundsätzlich soll mit den Emissionsminderungsmaßnahmen die Hintergrundkonzentration in den relevanten Beurteilungsgebieten erreicht werden.“

D. Heller

17



Schädliche Umwelteinwirkungen durch Bioaerosole?

Liegen Anhaltspunkte für schädliche Umwelteinwirkungen auf Anwohner vor?

Diese können sich ergeben aus:

- **Emissionen**
Kapazität, Prozessbedingungen, eingesetztes Material und Produktmaterial, welche pathogenen Mikroorganismen sind zu erwarten?
- **Transmission, Ausbreitungsbedingungen**
Meteorologie (Windrichtungsverteilung, Windgeschwindigkeiten), örtliche Hauptwindrichtung, Topographie, Orographie (Kaltluftabflüsse)
- **Immissionen**
liegen Messergebnisse für den Standort vor?, Analogiebetrachtungen möglich?
- **Exposition**
Entfernung Wohnbebauung - Anlage, Nutzungsstrukturen (Krankenhäuser, Biotechnologiebetriebe), empfindliche Personen (Atemwegsvorgeschädigte, Immunsupprimierte)
- **Erkenntnisse aus Umweltmedizin, Arbeitsmedizin**

D. Heller

18



Schädliche Umwelteinwirkungen durch Bioaerosole?

Hinreichender Anhaltspunkt?

→ Summarische Betrachtung aller vorliegenden Anhaltspunkte erforderlich

• keine hinreichenden Anhaltspunkte:

→ *keine weiteren Betrachtungen erforderlich*

• hinreichende Anhaltspunkte:

→ *weitere Prüfungen und Maßnahmen*

VDI RL 4255 Blatt 1 "Bioaerosole und biologische Agenzien, Emissionsquellen und Minderungsmaßnahmen – Übersicht", Oktober 2005:

Empfehlungen zu genehmigungsrechtlichen Aspekten, u. a. Immissionsmessungen



LUA – Untersuchungsprogramm

Immissionen luftgetragener Mikroorganismen im Umfeld von Kompostierungsanlagen

(1997 bis 2001)



LUA – Untersuchungsprogramm

- **Anlass:**

Befürchtung gesundheitlicher Beeinträchtigungen der Anwohner durch Bioaerosole

- **Damalige Problematik:**

- keine einheitliche Messstrategie
- Messverfahren (noch) nicht standardisiert
- Unzureichende Datenlage zur Immissionsbelastung
- Keine Bewertungsmaßstäbe

Zielsetzung (I): Immissionsmessungen

Bestimmung der Immissionskonzentrationen von Bioaerosolen im Umfeld von Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart

- Eignungsüberprüfung einer konzipierten Messstrategie
- Ermittlung eines „Immissionsprofils“ und der immissionsseitigen Reichweite
- Charakterisierung des Anlageneinflusses auf die Umgebung
 - Welche Mikroorganismen ?
 - Höhe der Immissionskonzentrationen ?
- Aufzeigen einer möglichen Belastungssituation für Anwohner

Zielsetzung (II): Immissionsmessungen

- Konzentrationen und immissionsseitige Reichweite bei verschiedenen Anlagentypen:
 - Offene Anlage
 - Teileingehauste Anlage (Hauptrotte eingehaust, Nachrotte offen)
 - Vollständig eingehaust
- Anlagenkapazität: je ca. 10.000 t/a



Methodik (I)

Tabelle: Messverfahren

Probenahme	Filtrationsverfahren MD8-Sammler mit Gelatine-/Polycarbonatfilter
Probenahmendauer	5 bis 40 min je nach Parameter
Messumfang	Je Anlage 4 bis 5 Messtage mit 3 (1) bis 5 Messreihen
Probenaufbereitung	Direktes und indirektes Verfahren

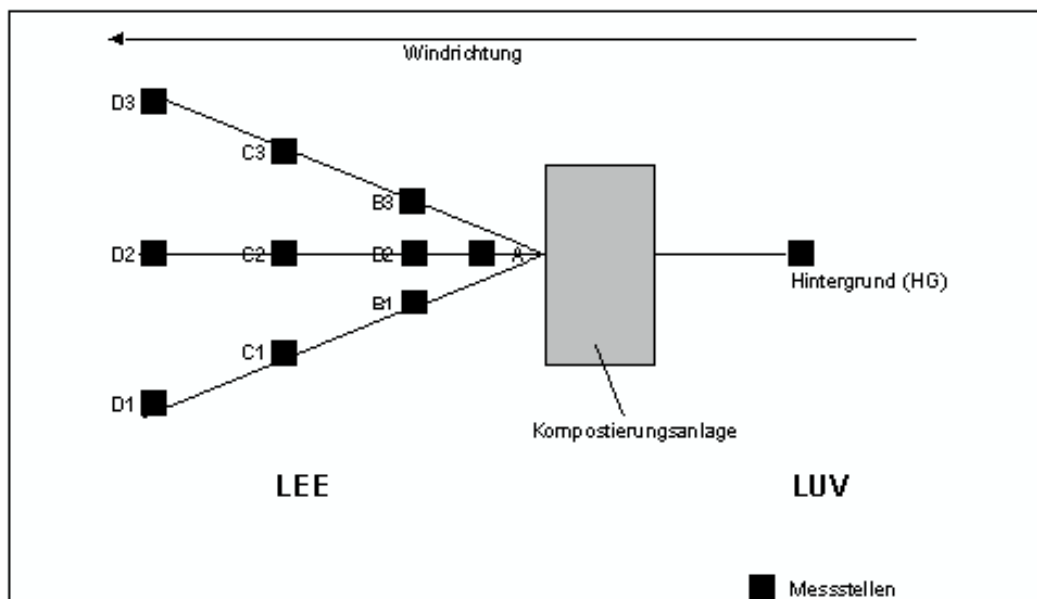


Methodik (II)

Tabelle: Untersuchtes Mikroorganismen-Spektrum

Thermotolerante Pilze (45 °C) Gattung <i>Aspergillus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i>	DG18-Agar
Mesophile Pilze (20 bzw. 25 °C)	DG18-Agar
Gesamtbakterien (37 °C)	Caso-Agar
Thermophile Actinomyceten (50 °C)	Glycerin-Arginin-Agar

Methodik (III): Messstrategie „Fächermodell“

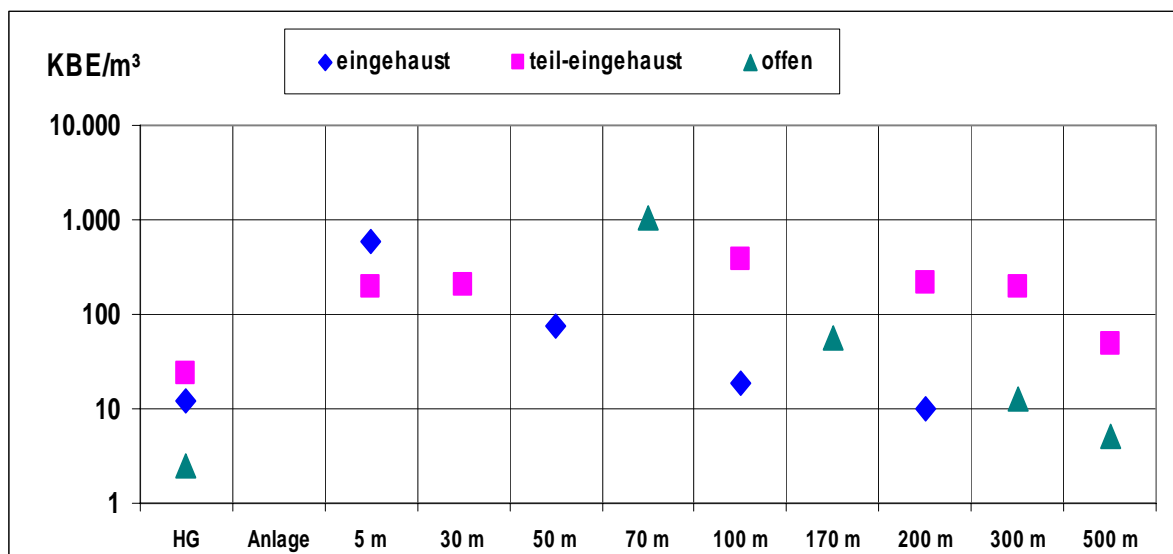


Methodik (IV): Messstrategie

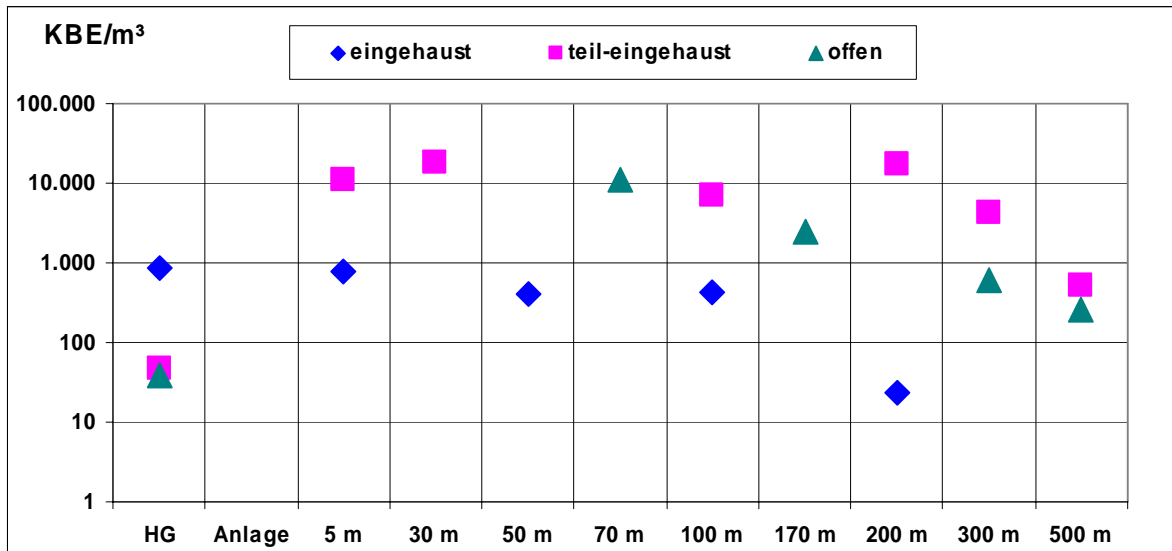
- Messorte in jeweils aktueller Windrichtung
- Vergleich der Immissionskonzentrationen in Lee und Luv
- Zeitgleiche Messungen an allen Messorten
- Homogene horizontale Ausbreitungsbedingungen
 - Keine Wohnbebauung
 - Keine Beeinflussung durch Vegetation
 - Windgeschwindigkeiten 2 bis 8 m/s



Ergebnisse (I): Immissionsprofil *Aspergillus fumigatus* (Medianwerte)



Ergebnisse (II): Immissionsprofil *Aspergillus fumigatus* (Maximumwerte)



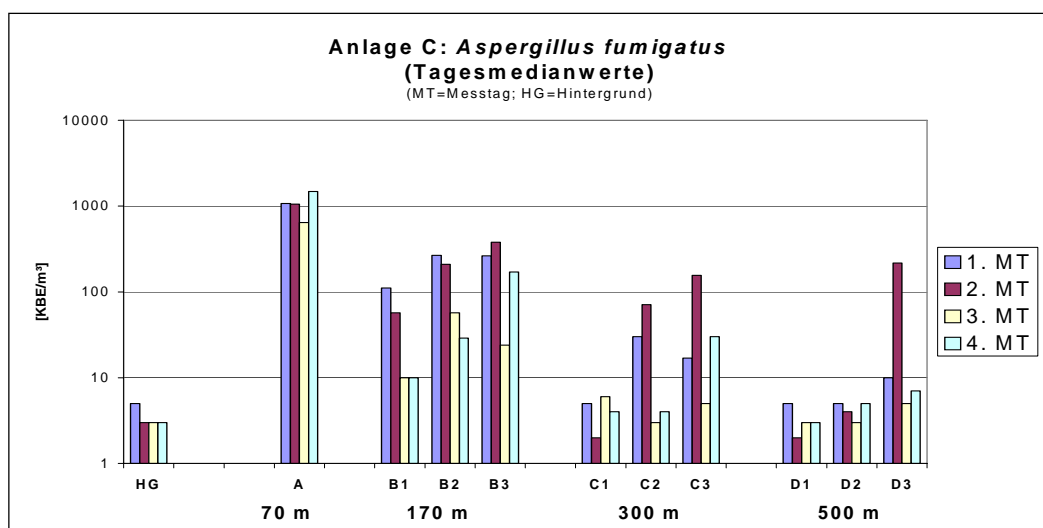
D. Heller

29



Ergebnisse (III)

Tabelle: offene Anlage, Tagesmedianwerte (KBE/m³) *Aspergillus fumigatus*



D. Heller

30



Ergebnisse (IV)

Tabelle: Maximale Überschreitungen der Referenzwerte (HG) durch Immissionskonzentrationen im LEE (Tagesmedianwerte)

Anlage	Entfernung	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Thermophile Actinomyceten	Gesamt-bakterien
eingehaust	200 m	1	20	1
teileingehaust	500 m	3	-	10
offen	500 m	72	28	10



Ergebnisse (V) - Zusammenfassung

Bauart	eingehaust	teileingehaust	offen
Immissionsseitige Reichweite	200 m	500 m	≥ 500 m
Konzentrationsbereich [KBE/m ³]	NG bis 10 ³	NG bis 10 ⁴	NG bis 10 ⁵
Lineare Konzentrationsabnahme mit zunehmender Entfernung	An allen Messtagen	Nicht an allen Messtagen	An allen Messtagen
Zusammenhang emissionsfreisetzende Tätigkeiten – erhöhte Immissionen	Nicht vorhanden	vorhanden	vorhanden



Fazit (I)

- „Fächermodell“ geeignet zur Ermittlung des Anlageneinflusses
- LUA-Messstrategie bereits angewendet (Genehmigungsverfahren, Nachbarbeschwerden)
- Ergebnisse Grundlage bei Richtlinienerstellung VDI (zwischenzeitlich VDI-RL erschienen)

Fazit (II)

- Betriebsaktivitäten (Emissionen) führen zu höheren Immissionskonzentrationen im Umfeld der Anlage
- Entfernungsabhängiges Immissionsprofil für anlagenspezifische Organismen
- Immissionsseitige Reichweite abhängig von Bauart der Anlage
- Erhöhte Immissionskonzentrationen im Anlagenumfeld gegenüber Hintergrund
- zusätzliche Exposition / Belastung der AnwohnerInnen
- Minderung der Immissionen anzustreben

LUA-Veröffentlichungen Immissionsmessungen

- Schilling, B., Heller, D., Graulich, Y., Göttlich, E.: Bestimmung der Emissionen von Mikroorganismen aus Biofiltern und der Immissionskonzentrationen im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen. In: Th. Eikmann u. R. Hofmann (Hrsg.): Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung. Schriftenreihe der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Band 30 (1999), S. 685-701.
- Heller, D., Graulich, Y., Göttlich, E.: Immissionen luftgetragener kultivierbarer Mikroorganismen im Umfeld von Kompostierungsanlagen, Müll und Abfall (2000), Nr. 1, S. 25-32.
- Heller, D., Rabe, R.: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 61 (2001) Nr. 6, S. 245-253.
- Heller, D.: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart, Bericht des LUA NRW an das MUNLV NRW, Essen, 28.05.2001 (www.lua.nrw.de).
- Heller, D.: Bestimmung von luftgetragenen Mikroorganismen im Umfeld einer offenen Kompostierungsanlage, Bericht des LUA NRW an das MUNLV NRW, Essen, 28.05.2001 (www.lua.nrw.de).
- www.lua.nrw.de



Erkenntnisse des LAI-AK „Wirkungsfragen“: Messungen von Mikroorganismen im Umgebungsbereich von Kompostieranlagen und Ausbreitung von Bioaerosolen

Dr. Irene Tesseraux, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg

Schutz der Bevölkerung vor Bioaerosolen aus biologische Abfallbehandlungsanlagen / Regelungen

TA-Luft, 2002:

5.4.8.5 Anlagen der Nummer 8.5

Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen

Mindestabstand

Bei Anlagen mit einer Durchsatzleistung von 3000 Mg /a oder mehr soll bei der Errichtung ein Mindestabstand

a) bei geschlossenen Anlagen (Bunker, Haupt- und Nachrotte) von **300m**

b) bei offenen Anlagen (Mietenkompostierung) von **500m**

zur nächsten Wohnbebauung nicht unterschritten werden.

zum Schutz vor Geruchsbelästigungen

Folie 2, 25. Oktober 2006

Schutz der Bevölkerung vor Bioaerosolen aus biologische Abfallbehandlungsanlagen / Empfehlungen

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (Umweltgutachten 2004, Bundestagsdrucksache 15/3600 vom 02.07.2004) zum Thema der **Emission von Bioaerosolen bei der Bioabfallverwertung**:

Der Umweltrat kommt zu dem Ergebnis, dass das Anforderungsniveau an Bioabfallbehandlungsanlagen zum Schutz der Gesundheit von Anwohnern über die Vorgaben der neuen TA Luft (2002) hinaus an die Emissionsbegrenzungen für mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen angepasst werden sollte.

Für kleinere Anlagen (<10.000 Mg/a) wird empfohlen, Mindestabstände zur Wohnbebauung so festzulegen, dass Hintergrundwerte für biologische Aerosole erreicht werden.

Folie 3, 25. Oktober 2006

Keimzahlbelastungen / -bewertung im LAI

Auf der 100. Sitzung des LAI (Oktober 2000) berichtete der UA-„Wirkungsfragen“ über das Thema der „**Keimzahlbewertung** in der Umgebung von Kompostwerken“.

Um Informationen über die **Keimzahlbelastung** zu gewinnen sammelte der UA-„Wirkungsfragen“ anlagenbezogene Bioaerosolmessungen der Länder

Im 2005 neu strukturierten LAI-UA „Luftqualität / Wirkungsfragen / Verkehr, Fachgespräch Wirkungsfragen“ habe ich das Thema „Bioaerosole“ (Aktualisierung und Kommentierung der Tabellen) übernommen

Folie 4, 25. Oktober 2006

Kompostanlagen

Länder, Anzahl

Angaben über Messungen an **offenen und geschlossenen** Kompostierungsanlagen (insgesamt 31 Anlagen) liegen seit 1996 vor:

• Bayern	3 Anlagen
• Nordrhein-Westfalen	7 Anlagen
• Hessen	5 Anlagen
• Niedersachsen	2 Anlagen
• Schleswig-Holstein	1 Anlage
• Baden-Württemberg	4 Anlagen
• Saarland	1 Anlage
• Thüringen	3 Anlagen
• Rheinland-Pfalz	3 Anlagen
• Hamburg	1 Anlage
• Sachsen	1 Anlage

Folie 5, 25. Oktober 2006

Gemessene Parameter - Kompostanlagen

überwiegend mit Filtrationsprobenahme

- **Gesamtpilzzahl, mesophile Pilze bei 25°C, thermophile Pilze**
- **Aspergillus fumigatus**
- Schwärzepilze
- **Gesamtbakterienzahl bei 36 °C**
- Gram-negative Bakterien
- Enterobacteriaceen
- **Actinomyceten bei 36 °C und 50 °C**
- Endotoxine
- Mycotoxine

**Leitkeime
Kompostanlagen
(VDI 4251, Bl. 1)**

Folie 6, 25. Oktober 2006

Geschlossene Kompost-Anlagen

Zeitraum / Bundesland	Art der Anlagen (A) g = geschlossen	Durchsatz t/a	Ergebnis
1996/97 / Bay	3 A; offen	6000 – 12.000	bis 500 m Anlageneinfluss
? / HH	offene Mieten	< 6.570	Ausbreitungsrechnung: ab 400 m Hintergrundwerte für Gesamtkeimzahl
1997 / Hes	3 A; offen, g, teilweise g	13.500 – 18.000	in Anlagennähe und bis 300 m erhöhte Mikroorganismen-Konzentration , ab 500 m Hintergrundwerte
? / NS	offen	77.000 m ³	ab 300 m Hintergrundwerte (gemessen bis 1000 m Umkreis)
? / NS	offen	?	ab 100 m Hintergrundwerte (gemessen 100 – 6.000 m Entfernung)
1996 / NRW	offen	12.000	In 250 m Hintergrundwerte mit Ausnahme von Aspergillus fumigatus
2000 / NRW	offen, Rottebereich überdacht	12.000	bei emissionsrelevanten Tätigkeiten wurden in 500 m Konzentrationen gemessen, die die Luv-Werte für die kompostierungsspez. Parameter A. fumigatus und thermoph. Actinomyceten um mehr als Faktor 10 überschritten.
? / SL	offen,	11.500	bei allen Entfernungen (10 m, 1800 m, 2500 m) Werte im Bereich der Hintergrundbelastung
1999 / SA	offen	2 t / h	Anlageneinfluss in 200 m nur beim Umsetzen nachweisbar
? / SH	Offen, CMC-Verfahren	4.500	Anlageneinfluss beim Schreddern in 50 m Entfernung

Folie 7, 25. Oktober 2006

Geschlossene/teilweise geschlossene Kompost-Anlagen

Zeitraum / Bundesland	Art der Anlagen (A) g = geschlossen	Durchsatz t/a	Ergebnis
1997 / BaWü	teilweise g	> 6.500	bis 150 m erhöhte Schimmelpilzeinheiten
1999 / BaWü	3 A; g, teilweise g,	6.400 - 14.000	i.d.Regel ab 170 m Hintergrundwerte, Ausnahme: thermophile Actinomyceten
1996/97 / Bay	3 A; g	6000 – 12.000	bis 200 m Anlageneinfluss
2002 / Hes	g mit Biofilter, Nachrotte überdacht	20.000	Gegenüber Luv bis 800 m erhöhte Werte bei kompostrelevanten Parametern
1996/97 / NRW	g Tafelmiete	12.000	in 200 m auch Leitkeime im Bereich der Hintergrundbelastung
1997/98 / NRW	teilweise g, Hauptrotte eingehaust, Nachrotte überdacht	11.000	in 500 m Entfernung Immissionskonzentrationen auch Leitkeime im Bereich der Hintergrundwerte
2000 / NRW	g	18.000	in 275 m Entfernung keine signifikante Erhöhung (mesophile Pilze und mesophile Bakterien) gegenüber Luv
? / RP	3 A; g, teilweise g	40.000 48.000 35.000	bis 1500 m Anlageneinfluss , bei 3000 m Hintergrundwerte
? / SH	g mit Biofilter	31.000	kein Einfluss in 50 m und 100 m Entfernung
? / TH	3 A; teilweise g	200 – 50.000	bis 100 m deutlicher Anlageneinfluss

Folie 8, 25. Oktober 2006

Bioaerosolmessungen an anderen (nicht Kompost-) Anlagen - LAI-Daten

Im Mai 2006 (Beschluss auf der Sitzung im Fachgespräch Wirkungsfragen im LAI am 8./9. Mai 2006) wurde begonnen die Bioaerosol-Messungen der Länder auch an anderen Anlagen als Kompostanlagen zusammen zu tragen. Ziel ist es auch zu dieser Thematik einen Informations- und Erfahrungsaustausch über die Daten der Länder – möglichst mit nunmehr weitgehend standardisierten Verfahren - zu ermöglichen.
Aktuell liegen Daten vor an

- **Tierhaltungsbetrieben** - Sachsen (2 Anlagen, Emissionsmessungen) und Nordrhein-Westfalen (1 Anlage)
- **Bioabfallvergärungsanlagen** - Bayern (2 Anlagen)

Folie 9, 25. Oktober 2006

Gemessene Parameter – andere Anlagen überwiegend mit Filtrationsprobenahme, aber auch Impingement

- **Gesamtpilzzahl, mesophile Pilze 25°C**
- Aspergillus spp
- Schwärzepilze
- Gesamtzellzahl
- **Gesamtbakterien 37 °C**
- Gram-negative Bakterien
- Enterobacteriaceen, **Enterococcus faecalis**
- Staphylokokken, **Staphylococcus aureus**
- Actinomyceten
- **Endotoxine**
- **Mycotoxine**

**Leitkeime
Tierhaltung
(VDI 4251, Bl. 1)**

Folie 10, 25. Oktober 2006

Bioaerosolmessungen an anderen als Kompostierungsanlagen

Zeitraum / Bundesland	Art der Anlagen (A)	Viehbestand oder Durchsatz	Ergebnis
1996/97 Bayern	Bioabfallvergärungsanlagen geschlossen (2 A)	10.000 t/a 15.000 t/a	In der Regel bei 200 m Hintergrundwerte
2004/05 NRW	Schweinemastbetrieb	ca. 2000 Tiere	Mittlere Reichweite für Gesamtbakterien bis 350 m, Staphylokokken 400 m ; Gesamtschimmelpilze kein Anlageneinfluss
2001/02 Sachsen	Sauenzuchtanlage	ca. 300 Tiere / Stall	Emissionsmessungen: keine Minderung durch Ionisation der Stallluft
2001/02 Sachsen	Ferkelaufzucht	ca. 2.700 Tiere / Stall	Emissionsmessungen: keine Minderung durch Kombianlage (Wäscher, Wurzelholzschicht; Durchströmung im Saugprinzip)

Folie 11, 25. Oktober 2006

Definition: **Hintergrund / Reichweite** nach **VDI 4251 Blatt 1**

„Planung von Bioaerosolmessungen - Immission“

Hintergrundkonzentration

- Messwert in Luv der Anlage
- zeitgleich mit Immissionsmessung in Lee
- zwei Messpunkte notwendig

Mittlere Reichweite

Die Entfernung, in der ein Anlageneinfluss noch nachweisbar ist. Die **anlagen- bzw. quellenbezogene, messparameterspezifische mittlere Reichweite** entspricht der Entfernung von der Quelle, an der die mittlere Immissionskonzentration eines Messparameters in den Bereich der Hintergrundkonzentration abgesunken ist.

Folie 12, 25. Oktober 2006

Schimmelpilze „Hintergrund“-Konzentrationen

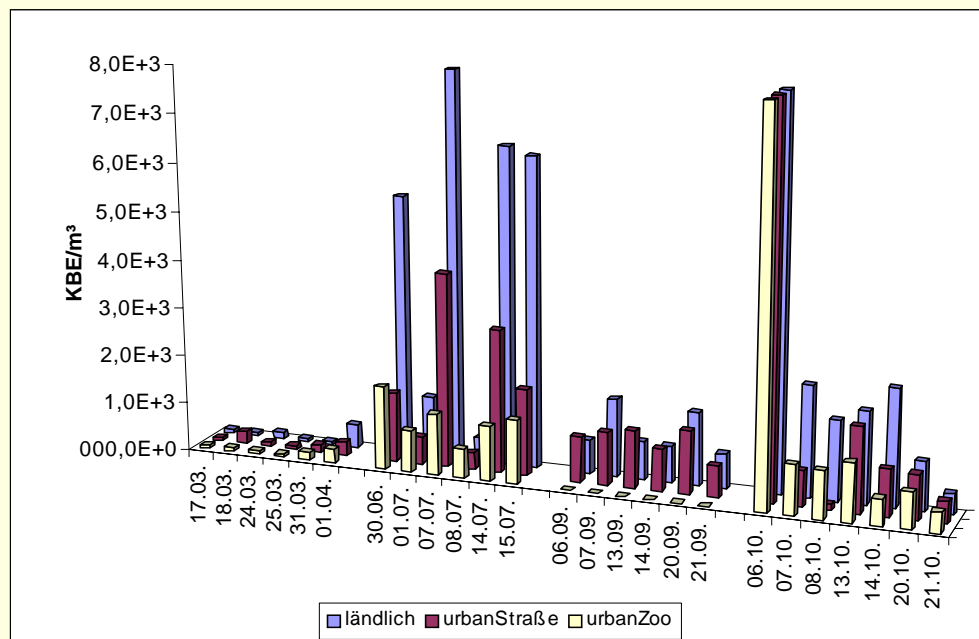
Nach den VDI-Verfahren für die

- Probenahme (VDI 4252, Blatt 2) und den
- Nachweis VDI 4253, Blatt 2) von Schimmelpilzen in der Immission

Wurden in den Jahren 2003, 2004, 2005 an verschiedenen Standorten im Raum Karlsruhe Messungen im jahreszeitlichen Verlauf durchgeführt

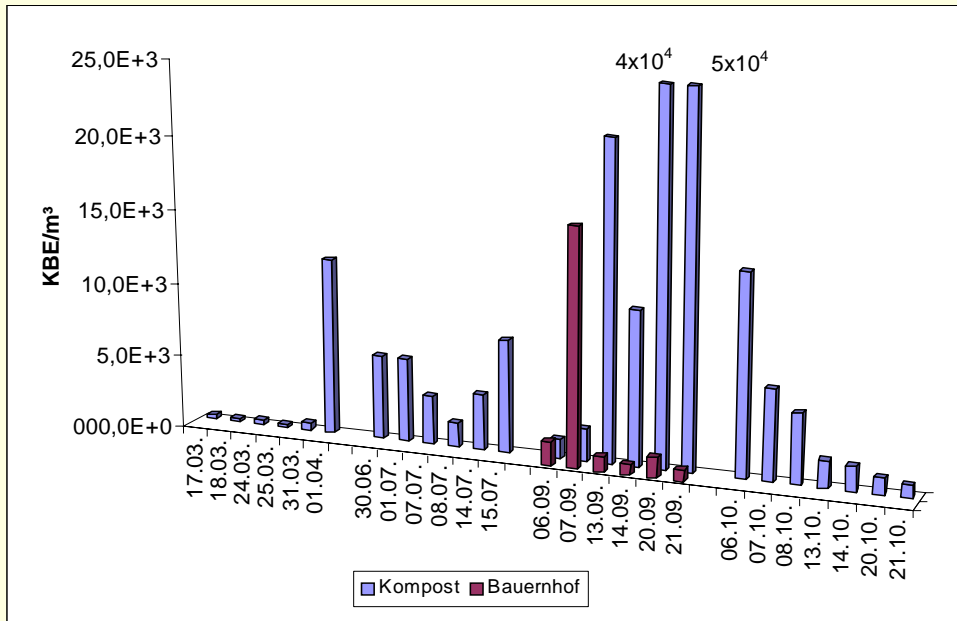
Folie 13, 25. Oktober 2006

Gesamt KBE/m³ an den Hintergrund-Messorten „ländlich“, „urban Straße“ und „urban Zoo“



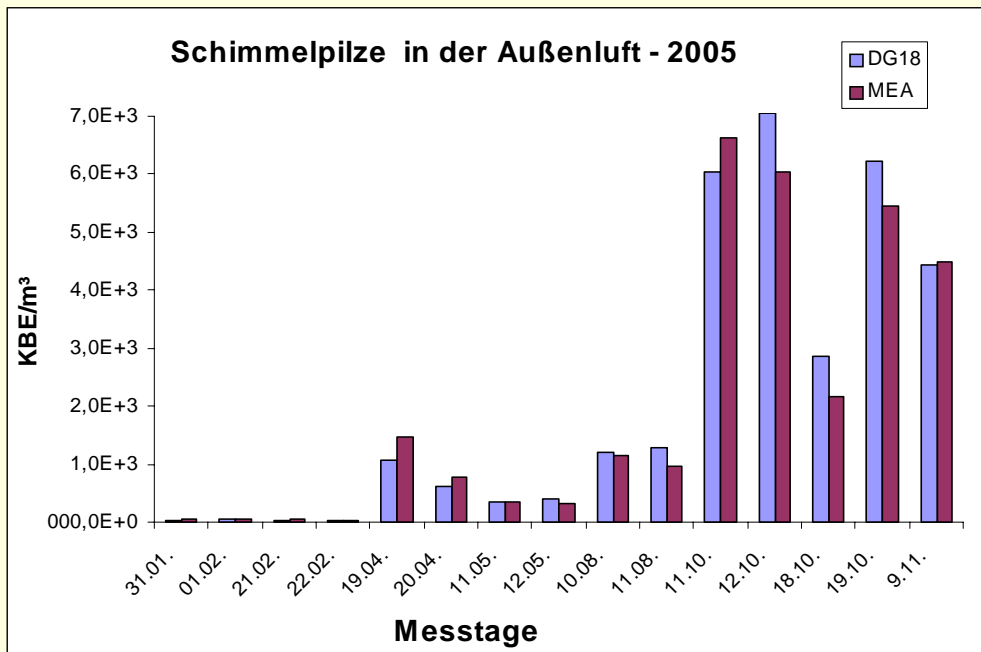
Folie 14, 25. Oktober 2006

Gesamt KBE/m³ an den emittentennahen Messorten „Kompost“ (2003/4) und „Bauernhof“ (2004)



Folie 15, 25. Oktober 2006

Gesamt KBE/m³ am „Kompost-nahen“ Messort (2005)



Folie 16, 25. Oktober 2006

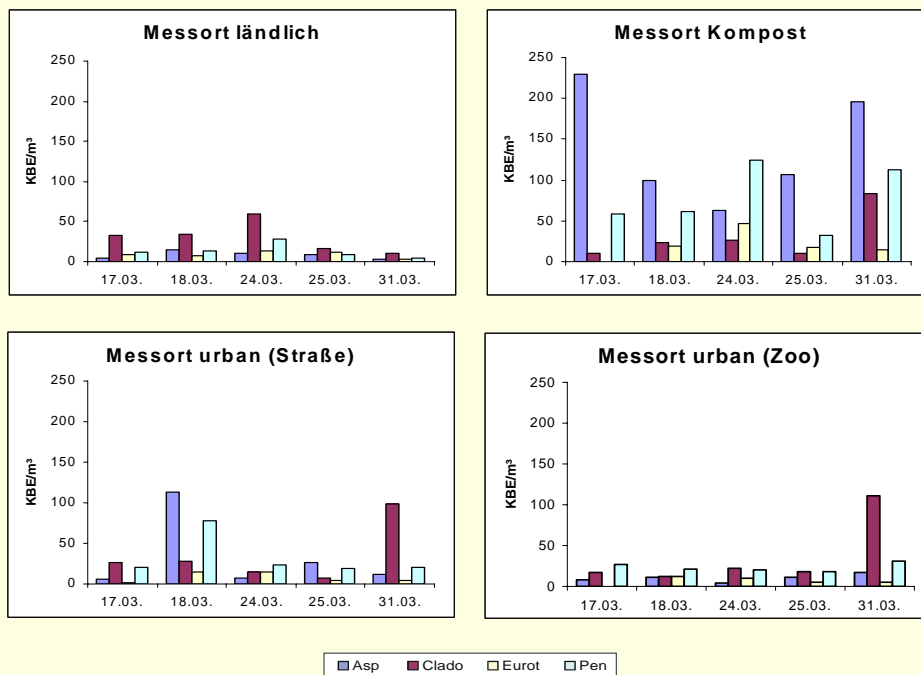
Differenzierung nach Schimmelpilz-Gattungen

Bei der Differenzierung wurden die folgenden Gattungen berücksichtigt (in Klammern die Abkürzungen der quantitativ ausgewerteten Gattungen):

- Alternaria
- **Aspergillus (Asp)**
- **Cladosporium (Clado)**
- **Eurotium (Eurot)**
- Fusarium
- **Hefen (Hefe)**
- **Penicillium (Pen)**

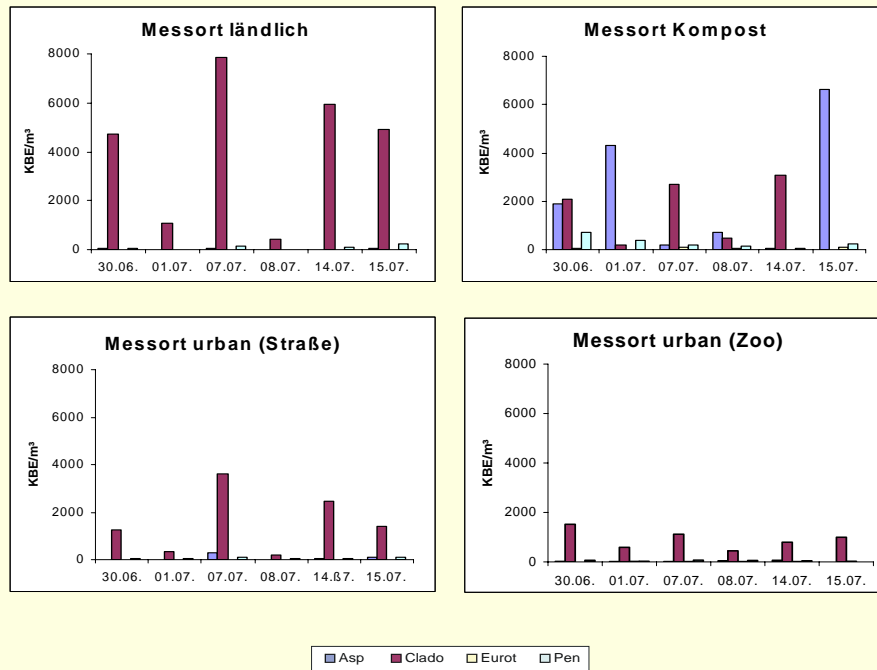
Folie 17, 25. Oktober 2006

Differenzierung nach Gattungen (auf DG18-Agar) KBE/m³ an verschiedenen Messorten im März 2003



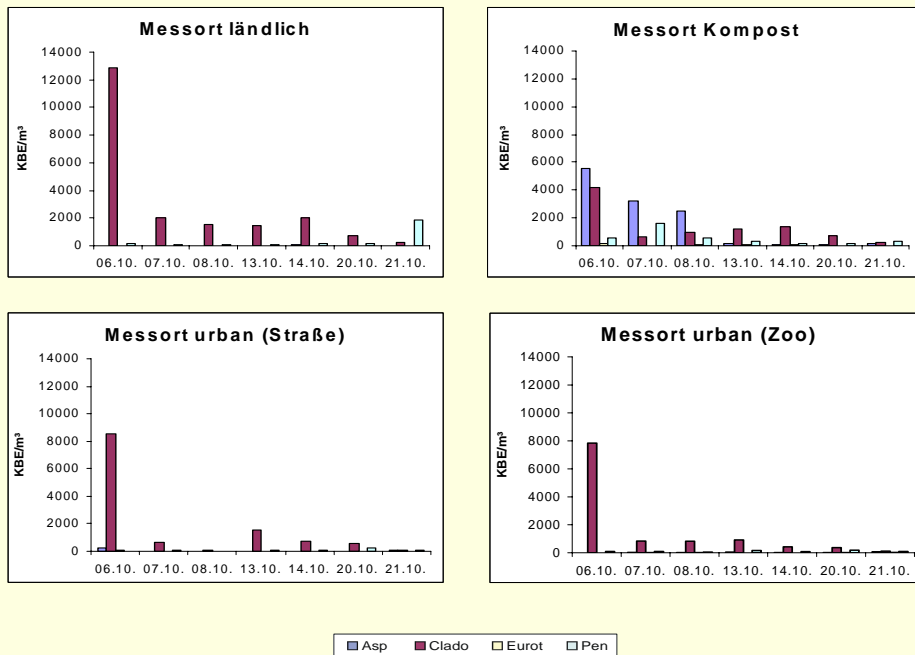
Folie 18, 25. Oktober 2006

Differenzierung nach Gattungen (auf DG18-Agar) KBE/m³ an verschiedenen Messorten im Juli 2003



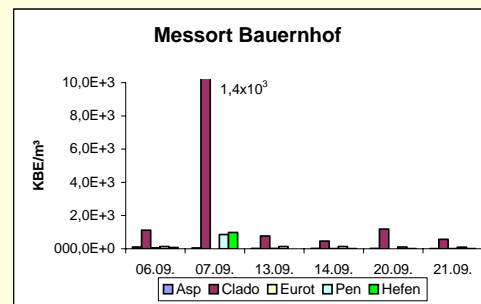
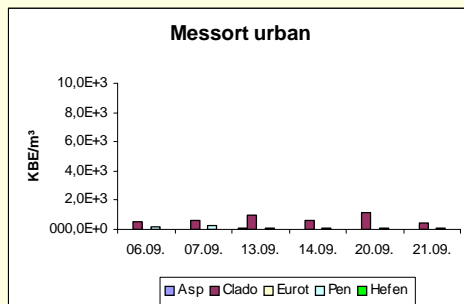
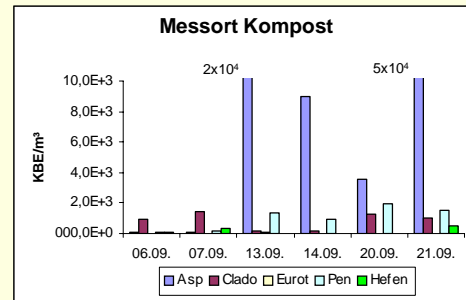
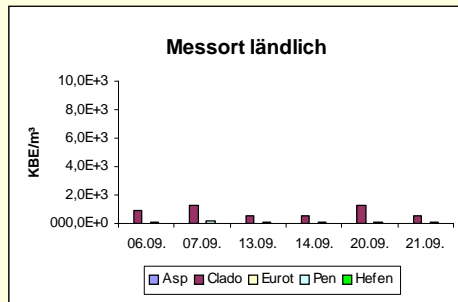
Folie 19, 25. Oktober 2006

Differenzierung nach Gattungen (auf DG18-Agar) KBE/m³ an verschiedenen Messorten im Oktober 2003



Folie 20, 25. Oktober 2006

Differenzierung nach Gattungen (auf DG18 Agar) KBE/m³ an verschiedenen Messorten im September 2004



Folie 21, 25. Oktober 2006

Zusammenfassung und Fazit I

Als Ergebnis der bisher im LAI zusammengetragenen Messungen von Bioaerosolen im Umfeld von Kompostierungsanlagen - mit unterschiedlichen Verfahren und mit einer unterschiedlichen Auswahl an Parametern – kann zusammenfassend festgestellt werden, dass

- bei offenen und geschlossenen Anlagen überwiegend ab ca. 500 m Hintergrundwerte gemessen wurden.

Höhere Reichweiten der Anlagen finden sich

- bei den Parametern: Actionomyceten und *Aspergillus fumigatus*
- bei den Anlagentypen: offene und teilweise geschlossene (Hessen: Reichweite bis 800 m; RP: Reichweite bis 1500 m) und
- bei Anlagen-relevanten Tätigkeiten (Umsetzen, Schreddern)

Folie 22, 25. Oktober 2006

Zusammenfassung und Fazit II



Für **Kompostierungsanlagen** werden nach diesen im LAI zusammengetragenen Ergebnissen die **Parameter**

- **Gesamtschimmelpilze, Aspergillus fumigatus** und **Actinomyceten** als **Leitparameter** bestätigt - wie sie auch im Anhang A1 der VDI Richtlinie 4251, Blatt 1 -E als obligatorischen Messobjekte für diese Anlagen genannt sind

Über die **Konzentrationen der einzelnen Parameter** liegen hier nur in Ausnahmefällen Daten vor und diese sind immer nur mit den jeweiligen Hintergrundwerten vergleichbar

Folie 23, 25. Oktober 2006

Zusammenfassung und Fazit III „Hintergrundkonzentrationen“ - Schimmelpilze



Die **Gesamtschimmelpilz**-Konzentrationen (mesophile Pilze bei 25 °C) der Außenluft zeigen im **jahreszeitlichen Verlauf** starke Unterschiede. Die Konzentrationen an „Hintergrund“-Messorten reichen nach eigenen Messwerten von März bis November (2003-2005) von

- **2×10^1 bis 1×10^4 KBE/m³**
- Unabhängig von der Jahreszeit ist der Einfluss der Temperatur und der relativen Luftfeuchte auf die Höhe der Messwerte nicht zu erkennen – Wetterlagen mit starkem Regen und dem damit verbundenem „Auswaschen“ der Luft spielen eine größere Rolle
- Konzentrationen können im ländlichen Hintergrund sogar höher sein als emittentennah. – Anlagenbezogen sind daher gleichzeitige Messungen in Luv unerlässlich.

Folie 24, 25. Oktober 2006

Zusammenfassung und Fazit IV

Die wenigen bisher im LAI vorliegenden Bioaerosolmessungen an **Tierhaltungs- und Bioabfallvergärungsanlagen** ergeben

- **Reichweiten** von bis zu **400 m**
- Als typische **Parameter** können bei den Schweinehaltungsbetrieben **Gesamtbakterien** und **Staphylokokken** genannt werden. (obligate Messobjekte nach der VDI 4251, Blatt 1-E, Anhang A1).

Folie 25, 25. Oktober 2006

TOP 9.1.4 der 112. BLAI-Sitzung 10./11. 08.2006

Empfehlung (im vorgelegten Bericht)

„Die vorliegenden standardisierten Verfahren zur anlagenbezogenen Messplanung und zur Probenahme und Nachweis von Schimmelpilzen und Bakterien in der Immission ermöglichen gezielte und vergleichbare Untersuchungen nicht nur zur Reichweite einer Anlage hinsichtlich spezifischer Bioaerosole, sondern auch über den Einfluss der Art der Anlage und des Betriebes der Anlage auf die Bioaerosolemissionen. Um gesundheitliche Auswirkungen von Bioaerosolen auf Anwohner zu vermeiden wird es für zielführender gehalten, statt auf starre Abstandregelungen auf einen kontrollierten, Bioaerosolemissionsarmen Betrieb von Anlagen hinzuwirken und künftige Messungen - nach den nunmehr standardisierten Verfahren - darauf auszurichten.“

Folie 26, 25. Oktober 2006

Stellungnahme eines Vertreters des Sachverständigenrates für Umweltfragen zum Umweltgutachten 2004

Prof. Dr. med. Thomas Eikmann, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Gießen

Bioaerosole

Diskussionsbeiträge

Biologische Aerosole in Anlagen der Abfallwirtschaft – Kommentar zur Stellungnahme der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK)

Thomas Eikmann*, Caroline Herr, Heike Seitz

Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Justus-Liebig-Universität Giessen, Friedrichstr. 16, 35392 Giessen

Korrespondenzautor: Prof. Dr. med. Thomas Eikmann; E-Mail: thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de

1 Einleitung

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) hat sich in seinem Umweltgutachten 2004 in Kapitel 12 "Neue gesundheitsbezogene Umweltrisiken" mit der Problematik der Biologischen Aerosole beschäftigt (SRU 2004). Bisher war dieses Problem vom Umweltrat in keinem seiner Gutachten aufgegriffen worden, sodass diese auch abfallwirtschaftlich relevante Fragestellung hier zum ersten Mal behandelt wurde.

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) hat im Dezember 2004 zu den Ausführungen des SRU in einem umfangreichen Papier Stellung bezogen (BGK 2004). Dabei werden erhebliche Vorbehalte sowohl gegen die zugrunde gelegten Daten als auch die Bewertung vorgetragen. In der vorliegenden Arbeit wird nicht auf alle in der BGK-Stellungnahme angeführten Einwände im Einzelnen eingegangen. Es soll vielmehr zu den wichtigsten Kritikpunkten eine jeweils kurze Einschätzung gegeben werden. Darüber hinaus soll versucht werden, über die von der BGK vorgegebene, sehr auf die Abfallwirtschaft konzentrierte Perspektive hinaus, auch allgemein relevante Aspekte, insbesondere aus der Umweltmedizin, anzusprechen.

Am 30.09.2004 hat als Reaktion auf die Publikation des SRU ein Fachgespräch unter Federführung des Umweltbundesamtes zur Thematik "Mikroorganismen in der Umgebung von Bioabfallbehandlungsanlagen" stattgefunden. Von dieser Veranstaltung liegt mittlerweile ein zusammenfassender Bericht vor (UBA-Bericht 2004), der im Internet zusätzlich zu den verschiedenen Präsentationen dieser Veranstaltung abrufbar ist. Die dort getroffenen Feststellungen werden ebenfalls bei dem vorliegenden Kommentar berücksichtigt und an den entsprechenden Punkten zitiert bzw. bewertet.

Dieser Beitrag orientiert sich an den essenziellen Kritikpunkten der BGK, die im Folgenden noch einmal kurz dargestellt werden:

- Die Ausführungen des SRU stützen sich nach Ansicht der BGK auf alte, wenig aussagekräftige oder nicht repräsentative Ergebnisse, die aufgrund des heutigen Standes der Technik und der tatsächlichen Betriebsweise von Kompostanlagen für Bewertungen nicht oder nicht mehr herangezogen werden können.
- Viele Aussagen des SRU können entsprechend der Ausführung der BGK relativiert bzw. widerlegt werden. Diese Ausführungen beziehen sich offensichtlich auf den Arbeitsschutz und den Immissionsschutz.
- Die vom SRU geforderten Verschärfungen der Rechtsbestimmungen werden von der BGK abgelehnt, neue gesundheitsbezogene Risiken werden nicht erkannt. Ein angemessener Schutz von Beschäftigten und Anwohnern ist nach Ansicht der BGK auf der Basis der existierenden Rechtsbestimmungen und Regelungen bereits gewährleistet. In diesem Zusammenhang wird der noch erforderliche Handlungs- und Forschungsbedarf diskutiert.

2 Darstellung des aktuellen wissenschaftlichen Standes der Problematik – Kritikpunkt: alte bzw. wenig aussagekräftige oder nicht repräsentative Ergebnisse

In seiner Stellungnahme wird von der BGK teilweise pauschal, teilweise beispielhaft behauptet, dass die Ausführungen des SRU nicht den aktuellen Diskussions- und Wissensstand widerspiegeln und die Ausführungen sich häufig auf alte bzw. wenig aussagekräftige oder nicht repräsentative Ergebnisse stützen.

Grundsätzlich ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass das Alter von Literaturstellen – vor allem hinsichtlich qualitativer Daten – sicherlich kein generelles Kriterium für die Qualität einer wissenschaftlichen Veröffentlichung sein kann. Daten aus älteren Arbeiten haben immer dann ihre Berechtigung, wenn sie weiterhin für die Fragestellung relevant, methodisch nicht überholt und vergleichbare neuere Studien nicht vorhanden sind. So wurden vom SRU Ergebnisse dargestellt (bestimmte Tabellen aus den VDI-Richtlinien), in denen

* Prof. Dr. med. Thomas Eikmann war Mitglied im Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in der Ratsperiode 2000-2004. Er ist seit 1997 Vorsitzender des Gemeinschaftsausschusses "Bioaerosole und biologische Agenzien" der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) des VDI und DIN.

unter anderem qualitative Daten für die Charakterisierung von Emissionsspektren (bestimmter Mikroorganismenspezies) aus verschiedenen Anlagen aufgeführt werden. Für den auf die Wirkungen von biologischen Aerosolen bezogenen Abschnitt wurden vom SRU teilweise Daten älterer Untersuchungen am Arbeitsplatz zitiert. Solche relativ hohen Expositionen existieren heutzutage sicherlich größtenteils nicht mehr. Jedoch geben aber gerade derartige Untersuchungen wichtige Hinweise auf Aufnahmepfade und Wirkmechanismen, wie sie heute in der Regel nicht mehr erlangt werden können. Die Darstellung der Ergebnisse wurde transparent gestaltet und der Bezug auf Situationen am Arbeitsplatz wurde verdeutlicht. Überwiegend wurden gerade im wirkungsbezogenen Abschnitt aktuelle Quellen zitiert, insbesondere einige, die sich noch in internationalen Journals in der Veröffentlichungsphase befanden.

Nicht berücksichtigt werden konnten in dem SRU-Gutachten die neuesten Ergebnisse der so genannten BMBF-Studie (Kämpfer et al. 2003), da sie erst nach Redaktionsschluss des SRU-Gutachtens veröffentlicht wurde. Inhaltlich ändern aber die in dieser umfassenden Studie dargestellten Ergebnisse die Aussagen des SRU nicht. Im Gegenteil bestätigen sie vielmehr die im Umweltgutachten getroffenen Aussagen in wesentlichen Teilen. Dies gilt insbesondere für den Nachweis und die Bedeutung des Anlageneinflusses auf Anwohner.

Im Einzelnen werden von der BGK die neuen VDI-Richtlinien¹ kritisiert, die wiederholt als "VDI-Veröffentlichungen" zitiert werden. Der Interpretation, dass es sich hierbei unter anderem um rein methodische Beschreibungen handelt, soll und kann nicht widersprochen werden. Die von der BGK vorgenommene inhaltliche Bewertung der VDI-Richtlinien ist allerdings nicht nachvollziehbar. Die VDI-Richtlinien werden von einem Expertengremium aus ehrenamtlich tätigen Experten aus Forschung, Verwaltung und Industrie erstellt, sodass die Qualität und Aktualität der Methoden sichergestellt ist. Es wird geprüft, ob die wesentlichen Kenngrößen und Qualitätskriterien wie Richtigkeit, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Verfahren erfüllt sind. Die Richtlinien erscheinen zunächst als Entwurf und werden einem ausführlichen fachöffentlichen Anhörungsverfahren unterzogen und

¹VDI-Richtlinien zu Bioaerosolen:

VDI 4251 Blatt 1: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Planung von anlagenbezogenen Messungen – Immissionsbestimmung durch Fahrermessungen (Gründruck)

VDI 4252 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern.

VDI 4253 Blatt 2: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentrationen in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern

VDI 4255 Blatt 1: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen – Übersicht (Gründruck)

gelten nach ihrer Etablierung als Stand der Technik, und werden bei Streitfällen vor Gericht als verbindliches Gutachten herangezogen.

3 Darstellung der gesundheitsbezogenen Umweltrisiken von Biologischen Aerosolen – Kritikpunkt: falsche Interpretation der vorliegenden Daten

Die von der BGK durchgeführte Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur Wirkung von Biologischen Aerosolen auf den Menschen bezieht sich im Wesentlichen auf den Bereich des Arbeitsschutzes. Der Umfang dieser Darlegungen der BGK erscheint von seinem Umfang her den im SRU-Gutachten vorgenommenen Aussagen weit überproportioniert. Zwar werden in dem SRU-Gutachten auch Erkenntnisse über die Belastung und Befunde von Beschäftigten an durch Biologische Aerosole belasteten Arbeitsplätzen herangezogen; dies geschah aber vor allem, um die möglichen Wirkmechanismen der Biologischen Aerosole bei hoher Exposition darzulegen. Es werden explizit keine arbeitsrechtlichen Fragestellungen behandelt. Darüber hinaus wird ebenfalls *nicht* auf das Arbeitsschutzrecht eingegangen und es werden ebenfalls *keine* Forderungen bzw. Empfehlungen für diesen Bereich gegeben.

In dem Umweltgutachten werden dagegen sehr detailliert national und international publizierte Daten zu den Wirkungen der Bioaerosole auf den Menschen aufgeführt. Diese Daten beziehen sich nicht nur auf den Arbeitsplatz sondern hauptsächlich auf die allgemeine Umwelt. Insbesondere wird, für den SRU erstmals, die Problematik der biologischen Aerosole für Anwohner entsprechender Emittenten umfassend dargestellt. Dieser Thematik wurde politisch, u.a. aufgrund der noch relativ geringen Anzahl von wissenschaftlich relevanten Studien und Untersuchungen in diesem Bereich, bisher wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Von Schilling et al. (1999), dem Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (HMUEFG 1999) sowie dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (MUNLV 2002) wurde beispielsweise die Relevanz der Biologischen Aerosole in neueren Untersuchungen dargestellt. Die Aktualität wird auch dadurch deutlich, dass sowohl das Umweltbundesamt als auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sich erstmalig und umfassend mit dieser Problematik beschäftigen. So wird vom Umweltbundesamt in der Zusammenfassung des oben erwähnten Fachgesprächs noch einmal bestätigt, dass "Mikroorganismen ... – insbesondere in hohen Konzentrationen – gesundheitliche Auswirkungen haben" können. "Daher müssen Mikroorganismen-Immissionen aus Kompostierungsan-

lagen aus Vorsorgegründen durch emissionsmindernde Maßnahmen und Abstandsregelungen minimiert werden" (UBA-Bericht 2004).

Aufgrund der Schwierigkeit, Erkenntnisse von Arbeitsplatzbelastungen auf die Verhältnisse der Normalbevölkerung zu übertragen (z.B. *Healthy-Worker-Effekt*, abweichender Alters- und Geschlechtsstruktur), ist das Fehlen von Langzeitstudien im Wirkungsbereich besonders zu bedauern. Dieser Mangel wird aber nicht nur von der BGK, sondern auch vom SRU hervorgehoben. In diesem Zusammenhang muss dabei angemerkt werden, dass derartige epidemiologische Studien zu Untersuchungen der Emissionen und Immissionen aus Bioaerosol-emittierenden Anlagen von den Anlagenbetreibern häufig abgelehnt werden. Argumente hierfür sind, dass derartige Untersuchungen zu einer nicht gerechtfertigten Beunruhigung der anwohnenden Bevölkerung führen würden.

4 Anforderungen an den Immissionsschutz – Kritikpunkt: falsche Interpretation der vorliegenden Daten

Zunächst muss im Bereich des Immissionsschutzes darauf hingewiesen werden, dass inzwischen (wie bereits oben erwähnt) verschiedene VDI-Richtlinien erschienen sind, die eine standardisierte Messung und Untersuchung von Biologischen Aerosolen im Außenluftbereich ermöglichen. Damit können mittlerweile mit standardisierten Verfahren Emissions- und Immissionsmessungen in der Umgebung von Anlagen, die Biologische Aerosole emittieren, durchgeführt werden. Zur Ermittlung des Anlageneinflusses können – so auch die Empfehlungen des UBA – Messung "anlagenspezifischer Mikroorganismen" wie *Aspergillus fumigatus* und thermophiler Aktinomyzeten durchgeführt werden, da deren natürliche Hintergrundkonzentration niedrig ist und keinen starken Schwankungen unterliegt (UBA-Bericht 2004).

Die bisher vorliegenden Immissionsdaten aus der Umgebung von Anlagen, die biologischen Aerosole emittieren, weisen darauf hin, dass insbesondere bei anlagenüblichen Aktivitäten (wie Schreddern, Mietenumsetzung und Sieben) hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen und Bakterien emittiert werden können. Dabei hat die Bauart der Anlagen einen großen Einfluss auf die Reichweite der Immissionskonzentrationen. Zudem beeinflussen topographische und meteorologische Faktoren die Freisetzung und Verbreitung der Mikroorganismen in erheblichem Maße. Allgemein gültige Abstandsregelungen lassen sich aus den vorliegenden Untersuchungen nicht ableiten. Zwar wurde bei der neuen BMBF-Studie (Kämpfer et al. 2003) bei den meisten Anlagen relativ anlagennah bei 300 m eine deutlich reduzierte Konzentration der Mikroorganismen nachgewiesen, eine weitere Abnahme in größerer Entfernung war jedoch weniger stark ausgeprägt. Beson-

ders unter ungünstigen meteorologischen Bedingungen zeigte sich ein Anlageneinfluss auch noch über weitere Entfernungen (über 300 m bis 500 m hinaus), in Einzelfällen bis zu 1500 m. Nach Angaben aus der BMBF-Studie nahm die Konzentration der Mikroorganismen bei derartigen Situationen mit der Entfernung zur Anlage kaum ab. Es wird daher empfohlen, unter bestimmten meteorologischen Bedingungen (z.B. Wind in Richtung eines Wohngebietes) auf freisetzungrelevante Tätigkeiten zu verzichten (Kämpfer 2003).

Auch der Einsatz von Biofiltern kann bei schlechter Wartung dazu führen, selbst zu einer bedeutenden Quelle für biologischen Aerosole zu werden (Kummer et al. 2003).

5 Handlungsbedarf – Kritikpunkt: Keine Verschärfungen von Rechtsbestimmungen, neue gesundheitsbezogene Risiken werden von der BGK nicht erkannt

Der SRU hat auf der Basis der von ihm dargestellten Problematik verschiedene Schlussfolgerungen gezogen und daraus einen bestimmten Handlungsbedarf abgeleitet. Dieser Abschnitt des Gutachtens wird von der BGK besonders kritisiert. Wegen der großen Relevanz dieser Kontroverse werden zunächst die wichtigsten Positionen des SRU im Vergleich zur vorgebrachten Kritik der BGK dargestellt.

Nach Auffassung des SRU sollten die Mindestabstände biologischer Abfallbehandlungsanlagen zur angrenzenden Wohnbebauung expositionsbezogen festgesetzt werden. " ... Die Mindestabstände von biologischen Abfallbehandlungsanlagen zur Wohnbebauung sollten so bemessen sein, dass die Hintergrundwerte für Biologische Aerosole erreicht werden." " ... Für Anlagen mit Durchsatzleistungen unter 10 000 Mg/a messungsbasiert und einzelfallspezifisch die Mindestabstände bis zur Hintergrundkonzentration zu bestimmen." " ... Sind die Mindestabstände unwirtschaftlich oder unvertretbar groß, erst dann sollten die verfügbaren technischen Möglichkeiten der Abluftfassung und Abluftreinigung vorgeschrieben werden."

Von der BGK und auch vom UBA wird dem gegenüber auf die Einhaltung der Anforderungen der TA Luft und eine gute fachliche Betriebspraxis verwiesen, die nach Ansicht dieser Institutionen eine sehr gute Minderung der Mikroorganismen-Immissionen aus Kompostierungsanlagen erreicht. Gleichzeitig wird aber darauf hingewiesen, dass eine bundesweit einheitliche Umsetzung der bestehenden Anforderungen der TA Luft und eine regelmäßige Kontrolle der Betriebsführung in den Anlagen anzustreben ist, um eine Lenkung der Bioabfallströme in technisch mangelhaft ausgestatteten und mangelhaft betriebenen Kompostierungsanlagen zu verhindern. Nach Ansicht des UBA sollte weitergehend geprüft werden, ob die

Genehmigung von Anlagen von einer Teilnahme an einem Qualitätssicherungssystem abhängig gemacht werden kann.

Die BGK erachtet weitergehende bauliche Anforderungen an Kompostierungsanlagen, die über die zurzeit gültigen Anforderungen der TA Luft hinausgehen, als nicht erforderlich. Die Autoren der vorliegenden Stellungnahme teilen diese Einschätzung nicht. Vielmehr sollten für alle biologischen Abfallbehandlungsanlagen gleiche emissionsschutzrechtliche Anforderungen gelten. Der Gesetzgeber hat mit der 30. BImSchV für mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen bereits ein Anforderungsniveau fixiert, das einen ausreichenden Schutz nicht zuletzt auch gegenüber biologischen Aerosolen sicherstellt. Kompostierungsanlagen fallen jedoch nicht unter den Anwendungsbereich der 30. BImSchV. Vielmehr unterliegen sie weniger strengen Emissionsanforderungen. Dieses Anforderungsgefälle hinsichtlich biologischer Abfallbehandlungsanlagen entspricht nicht dem Kerngedanken einheitlicher Entsorgungsstandards, so dass der SRU bereits in seinem Umweltgutachten 2002 empfahl, auch für die in der 30. BImSchV bislang nicht erfassten Anlagen der biologischen Abfallbehandlung gleichwertige Emissionsbegrenzungen vorzusehen (SRU 2002, Tz 1058).

Weiterhin weisen auch die aktuellen Forderungen des UBA darauf hin, dass anscheinend erhebliche Mängel in der Betriebsführung der Anlagen alltäglich sind. So fordert das UBA regelmäßige bundeseinheitliche Kontrollen der Anlagenbetriebsführung beziehungsweise der Umsetzung der bestehenden Anforderungen der TA Luft. Ferner erachtet das UBA eine Genehmigungspraxis für erforderlich, die verstärkt auf die Teilnahme an Qualitätssicherungssystemen drängt. Außerdem soll die Bildung einer interdisziplinären Arbeitsgruppe zur Verbesserung möglicher Maßnahmen zur Minderung der Emissionen führen (UBA, 2004). Im Lichte dieser Forderungen sind die Empfehlungen des SRU (z.B. bauliche Schutzmaßnahmen, Orientierung an der Hintergrundkonzentration von Mikroorganismen) durchaus als angemessen und unter dem Aspekt der Prävention als zielführend einzustufen.

Zusätzlich verdeutlichen die Ergebnisse der hessischen Studie (HMUEJFG 1999), dass *vor allem* unter *Worst-case*-Bedingungen gesundheitliche Risiken der Anwohner von Kompostierungsanlagen auch weiterhin nicht ausgeschlossen werden können. Derartige Risiken würden bei keinem anderen Abfallbehandlungssystem toleriert (z.B. von Müllverbrennungsanlagen), zudem verdeutlichen sie erneut die Notwen-

digkeit von Präventionsmaßnahmen. Dass die Ergebnisse dieser Studie bisher nicht wieder beobachtet werden konnten, ist darauf zurückzuführen, dass keine vergleichbaren Studien u.a. wegen des Widerstandes von betroffenen Anlagenbetreibern durchgeführt wurden bzw. werden konnten. Allerdings sind bei vielen Anlagen – auch als Reaktion auf die Ergebnisse dieser Studie – Verbesserungen im baulichen, technischen und Betreiberbereich durchgeführt und Abstandsregelungen eingeführt worden, die offensichtlich eine nachhaltige Verbesserung der Emissionssituation zur Folge hatten.

6 Literatur

- BGK, Bundesgütegemeinschaft Kompost (2004): Stellungnahme der BGK zum SRU-Gutachten „Neue gesundheitsbezogene Umweltrisiken – Biologische Aerosole in Anlagen der Abfallwirtschaft“ (14.12.2004). www.bgkev.de/infodienste/artikel.htm?kat=stellungnahmen&infol=04_12_14 [Stand: 01.08.2005]
- HMUEJFG, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (1999): Umweltmedizinische Relevanz mikrobiologischer Emissionen aus Kompostierungsanlagen für die Anwohner. Wiesbaden
- Kämpfer P (2003): Vermessung der Mikroorganismenemissionen von Kompostierungsanlagen und Erfassung der Immissionen in deren Umfeld. Universität Giessen, Förderkennzeichen 0330279. www.bacterium.de à Ergebnisse [Stand 11.02.2005]
- Kummer V, Haumacher R, Philipp W, Böhm R (2003): Untersuchungen zum Abscheideverhalten von Abluftreinigungsanlagen im Hinblick auf Bioaerosole. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63(9), 368-372
- MUNLV, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (2002): Forschungsbericht zum Projekt "Untersuchungen zur Emission und Immission von mikrobiellen Geruchsstoffen und luftgetragenen Schimmelpilzen aus Kompostierungsanlagen". Ausführende Stelle: Institut für Hygiene und Umweltmedizin der RWTH Aachen, Universitätsklinikum Aachen. In Vorbereitung, Informationen können beim Ministerium erfragt werden
- Schilling B, Heller D, Graulich Y, Göttlich E (1999): Determining the emission of microorganisms from biofilters and emission concentrations at the site of composting areas. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, 685-701
- SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen (2004): Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Kapitel 12. Nomos-Verlag
- UBA, Umweltbundesamt (2004): Protokoll des Fachgesprächs "Mikroorganismen in der Umgebung von Bioabfallbehandlungsanlagen" vom 30.09.2004 in Bonn. www.bmu.de/files/keimemission_zusammenfassung.pdf [Stand 11.05.2005]

Weitere Informationen im Internet:

- Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK): www.bgkev.de
Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): www.umweltrat.de

Gibt es demnächst Grenzwerte für Bioaerosole? – Ein Kommentar aus umweltmedizinischer und präventivmedizinischer Sicht

Thomas Eikmann, Susanne Harpel, Caroline Herr

Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsklinikum Gießen und Marburg

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. med. Thomas Eikmann, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen, Friedrichstr. 16, 35392 Gießen; E-Mail: thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de

1 Einführung

Die Bewertung von Expositionen gegenüber biologischen Aerosolen sowohl im Innenraum als auch im Außenbereich wird schon seit längerer Zeit als ein relevantes (umwelt-) medizinisches, aber auch methodisches Problem angesehen. So existiert eine eigenständige intensive Forschungstätigkeit hinsichtlich der Wirkung von Mikroorganismen auf den Menschen sowohl im Innenraum als auch am Arbeitsplatz schon seit der Etablierung der Hygiene als eigenständiges wissenschaftlich-medizinisches Fach seit Ende des 19. Jahrhunderts.

Die Belastung der Bevölkerung durch biologische Aerosole im Außenbereich ist dagegen erst seit der Einführung neuer Technologien, wie z.B. Biokompostierungsanlagen oder landwirtschaftliche Intensivtierhaltungen, als ein relevantes umweltmedizinisches Problem erkannt worden. Während unzureichende hygienische Wohnverhältnisse aufgrund zu hoher Luftfeuchtigkeit, verbunden u.a. mit Schimmelpilzwachstum, rasch mit der erhöhten Häufigkeit von bestimmten Erkrankungen und Symptomen bei den Nutzern in einen Zusammenhang gebracht wurden, gelang es erst in den letzten Jahren, eine derartige Assoziation zwischen biologischen Aerosolen in der Außenluft und exponierten Bevölkerungsgruppen nachzuweisen.

Auch in der Landwirtschaft ist seit langer Zeit ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten spezifischer Erkrankungen (z.B. Farmerlunge oder Drescherfiber) bei den dort Beschäftigten mit der Exposition gegenüber Mikroorganismen bekannt. Bei den "neuen" Arbeitsplatzbelastungen vor allem in der Abfallwirtschaft wurden deshalb auch immer entsprechende gesundheitliche Risiken der dort exponierten Personen angenommen. Eine Reihe epidemiologischer Untersuchungen haben das Vorhandensein derartiger Risiken bestätigt, allerdings nicht in dem Umfang und Ausmaß, wie sie bei ungünstigen Expositionen in der Landwirtschaft auftreten können.

Wegen der nachweisbaren gesundheitlichen Risiken bei der Exposition gegenüber biologischen Aerosolen ist es das Ziel, diese Risiken qualitativ und quantitativ wissenschaftlich ausreichend basiert zu erfassen und letztendlich in einem ange-

messenen Maße zu begrenzen. Deshalb gibt es sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene immer wieder Ansätze, Grenzwerte auf der Basis von Wirkschwellen sowohl für den Innenraum als auch für den Arbeitsplatz sowie für die Außenluft abzuleiten und zu etablieren.

2 Besonderheiten der biologischen Aerosole

Als biologische Aerosole oder Bioaerosole werden alle luftgetragenen Teilchen biologischer Herkunft bezeichnet. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Partikel, denen Pilze (Sporen, Konidien, Hyphenbruchstücke), Bakterien, Viren und/oder Pollen sowie Bruchstücke der vorgenannten oder deren Stoffwechselprodukte (z.B. Endotoxine, Mykotoxine, MVOC, Gerüche) anhaften beziehungsweise diese beinhalten oder bilden. Biologische Aerosole werden in erheblichem Umfang natürlicherweise gebildet (z.B. durch verrottendes Laub, Schimmelpilzwachstum in Feuchtbereichen) und kommen daher immer in der Umgebung des Menschen vor. Mit dem Auftreten der biologischen Aerosole ist häufig auch das Auftreten von belästigenden Gerüchen verbunden.

Das Spektrum der Mikroorganismen in biologischen Aerosolen hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie beispielsweise von den Spezies selbst, ihrem Nährsubstrat und – bezogen auf Emissionen im Außenbereich – auf die spezifischen Gegebenheiten der verschiedenen technischen Anlagen. Auf Grund der Vielzahl möglicher Mess- und Bewertungsparameter besteht inzwischen allgemein ein Konsens, dass hier eine Beschränkung stattfinden muss. Gleichwohl müssen bei der Erfassung von Bioaerosolen bestimmte Kriterien erfüllt werden. Auf der einen Seite sollte eine Quelle anhand eines charakteristischen Spektrums von Mikroorganismen weitgehend identifizierbar sein, auf der anderen Seite müssen medizinisch besonders relevante (pathogene) Mikroorganismen erfassbar sein.

Vor allem durch die Arbeit in der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN ist es zwischenzeitlich gelungen, Messinstrumente und Messverfahren zur Erfas-

sung der biologischen Aerosole soweit zu standardisieren, dass eine Bewertung von Expositionen gegenüber den Mikroorganismen und ihren (Stoffwechsel-) Substanzen auf einer wissenschaftlich akzeptablen Basis möglich ist. Dies ist eine der Voraussetzungen, um eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen den biologischen Aerosolen (Konzentration von bestimmten Spezies oder Stoffwechselsubstanzen) und den Effekten bei exponierten Personen (Belastigungen, Symptome, Erkrankungen) herstellen zu können. Eine weitere Voraussetzung dafür ist die Auswahl umweltmedizinisch besonders relevanter Einzelparameter (pathogener Spezies) oder Substanzen aus der Vielzahl der in den biologischen Aerosolen enthaltenen Mikroorganismen. Bei der Richtlinienarbeit im VDI und DIN wurde in diesem Zusammenhang die Entscheidung getroffen, hier eine Unterscheidung zwischen anlagenbezogenen und schutzgutbezogenen Spezies bzw. Parametern vorzunehmen. Damit wäre eine weitere Voraussetzung für eine umweltmedizinische Bewertung der Spezies-Konzentrationen in der Luft gegeben.

Wegen der großen Vielzahl von Mikroorganismen in den biologischen Aerosolen beinhaltet aber die Einschränkung auf die Messung und Bewertung von nur einer oder wenigen Spezies (oder ihrer Substanzen) immer die Problematik, ob dies hinsichtlich der quantitativen und repräsentativen Bewertung der Effekte als ausreichend einzustufen ist. Deshalb wird in der Regel die Gesamtsumme der gemessenen Mikroorganismen (so genannte Gesamtkeimzahl) – gemessen als KBE/m^3 – zusätzlich als Bewertungsgrundlage herangezogen. Wegen der wechselnden Anteile der Einzelspezies an der Summe der Mikroorganismen in den unterschiedlichsten biologischen Aerosolen kann aufgrund des Messparameters eine Dosis-Wirkungsbeziehung praktisch hier nicht vorgenommen werden.

Die Wirkungen der Einzelspezies auf den Menschen sind aber nicht nur von dem Grad ihrer Pathogenität abhängig, sondern vielmehr auch vom Immunstatus der exponierten Einzelperson. So zeichnen sich ältere Menschen, Kranke (nicht nur offensichtlich Immunsupprimierte, sondern auch Personen mit "alltäglichen" chronischen Krankheiten, wie z.B. Diabetes) und Kleinkinder häufig durch eine geringere körperliche Widerstandskraft gegenüber derartigen Infektionserregern aus. Beispiel dafür ist das Auftreten der Legionellose bei überwiegend älteren Personen (Legionärerkrankung) im Vergleich zu jüngeren Menschen bei gleicher Exposition. Die Etablierung einer Dosis-Wirkungskurve in Abhängigkeit vom (mittleren) Immunstatus für verschiedene Bevölkerungs- oder Personengruppen ist aber praktisch unmöglich. Daher ist es bis heute weder international noch auf nationaler Ebene gelungen, allgemeingültige auf die Wirkung am Menschen bezogene Schwellenwerte bzw. Grenzwerte abzuleiten. Die Bewertung von Summenkonzentrationen von Mikroorganismen oder Substanzen (z.B. MVOC oder VOC) orientiert sich häufig am "üblichen" Vorkommen oder technischen Gegebenheiten

(Möglichkeit der Emissionsminderung), kann aber schon aus methodischen Gründen nicht wirkungsbezogen erfolgen.

3 Umweltmedizinische Bewertungskriterien

Da eine Ableitung von wirkungsbezogenen Schwellenwerten für Mikroorganismen in Hinsicht auf die umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosolen nicht möglich erscheint, stellt sich die Fragen nach akzeptablen Alternativen in diesem Problembereich. Der präventive Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlicher Beeinträchtigung durch Umweltschadstoffe oder Umweltfaktoren muss – nach heutiger Ansicht – auch die Sicherheit von Risikogruppen mit berücksichtigen. Dieses hieße, bezogen auf die Exposition gegenüber Biologischen Aerosolen, dass beispielsweise ein (in seinem Immunsystem geschwächter) Diabetiker genauso als Schutzgut einzustufen ist wie eine immunkompetente Person. Die akzeptable Mikroorganismen- oder Substanzkonzentration in der Luft muss daher beide Personen in gleichem Maße vor gesundheitlich nachteiligen Effekten schützen. Da aber wirkungsbezogene Schwellenwerte, wie dargelegt, schon aus methodischen Gründen nicht ableitbar sind, muss sich ein tolerierbarer Wert immer an der schon vorhandenen Konzentration von Mikroorganismen oder Substanzen (Background) orientieren.

Die bisher vorliegenden Diskussionsbeiträge zur dargestellten Bewertungsproblematik im Bereich der biologischen Aerosole schlagen daher übereinstimmend eine Orientierung an dem jeweiligen Hintergrundvorkommen bzw. der Hintergrundkonzentration vor. Eine Voraussetzung für diese Art des Vorgehens ist, bei jeder Messung von Bioaerosolen obligat eine Bestimmung der Hintergrundkonzentration von Mikroorganismen oder Substanzen mit vorzunehmen. Dieses Vorgehen ist im Innenraumbereich und Arbeitsplatz schon der übliche Standard, indem zusätzlich die Außenluftkonzentration mit untersucht wird. Dazu werden immer auch tolerable oder auffällige Differenzen bei den Mikroorganismen-Zahlen zwischen Innen und Außen als Bewertungsgrundlage mit benannt.

Im Außenluftbereich kann im Wesentlichen nur dasselbe Vorgehen empfohlen werden. Da der örtliche Background nicht nur von der (aktuellen) Witterung, der Jahreszeit und anderen (regionalen) Faktoren abhängt, muss diese zusätzliche Erfassung des orts- und jahreszeitlichen üblichen Backgrounds tatsächlich obligat erfolgen. Nur unter dieser Voraussetzung können dann auch Bewertungen und Empfehlungen zur Emissionsreduktion erfolgen. Darüber hinaus ist aber auch ein Vergleich der unterschiedlichen Backgrounddaten aus verschiedenen Regionen relevant. Hinweise auf besonders hohe "ortsübliche" Konzentrationen von biologischen Aerosolen können aber nicht in jedem Fall als "unschädlich" hingenommen werden, sondern müssen dahingehend überprüft werden, ob hier nicht aufgrund einer besonders hohen Anzahl oder Aggregation von Emittenten eine regional höhere Expo-

sition vorhanden ist. Diese Situation wird für Regionen angenommen, in denen vor allem landwirtschaftliche Intensivhaltungen flächendeckend (wie z.B. im westlichen Niedersachsen) vorkommen. Diese besondere Situation bedarf noch einer intensiven umweltmedizinischen Bewertung, insbesondere auch hinsichtlich der Erweiterung oder Neuansiedelung derartiger Betriebe.

4 Ausblick

Die Erwartungen einer Vielzahl von Organisationen und Institutionen hinsichtlich der Etablierung von Grenzwerten für biologische Aerosole bzw. für Einzelspezies davon oder bestimmte Speziesspektren wird sich – wie oben dargestellt – aus methodischen Gründen auf absehbare Zeit nicht verwirklichen lassen. Für bestimmte (Einzel-) Substanzen z.B. der MVOC oder VOC wäre eine Ableitung von Wirkschwel-

len dagegen theoretisch möglich, da hier die Voraussetzungen entsprechend den üblichen humantoxikologischen Kriterien gegeben sind. Wegen der Vielzahl auch dieser Substanzen und ihres wechselnden qualitativen und quantitativen Vorkommens sind aber auch hier die Voraussetzungen als nicht günstig einzustufen. Da das Auftreten von Effekten auch wesentlich von der Immunkompetenz der einzelnen exponierten Personen abhängt, kann letztendlich nur eine Orientierung an den Hintergrundkonzentrationen der Mikroorganismen eine Bewertung von Expositionen ermöglichen. Für die Erarbeitung eines umweltmedizinischen Bewertungsschemas müssen daher zunächst Aussagen zur Erlangung von Hintergrundkonzentrationen, ihrer natürlichen oder emissionsbeeinflussten Variation sowie zu anderen Einflussfaktoren getroffen werden. Auf dieser Basis sollte es dann möglich sein – auch ohne die Festlegung spezifischer Grenzwerte – eine allgemeinverbindliche und gut nachvollziehbare Bewertungshilfe zu erarbeiten.

Aus der Literatur

Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt – Ergebnisse der "NaRoMI"-Studie

In dem Forschungsprojekt "Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt: Die NaRoMI-Studie (*Noise and Risk of Myocardial Infarction*)" wurden Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Arbeitslärm und dem Auftreten von Herzinfarkten bei 4115 Probanden untersucht. In der Fall-Kontroll-Studie wurden Herzinfarktpatienten und nach Alter und Geschlecht "gematchte" Kontrollpatienten aus 32 Berliner Krankenhäusern von 1998 bis 2001 konsekutiv rekrutiert. Während ihres Krankenhausaufenthaltes wurden standardisierte Interviews zur Belästigung durch verschiedene Umwelt- und Arbeitslärmquellen durchgeführt. Die Straßenverkehrslärmexposition der Probanden außerhalb der Wohnungen wurde auf der Grundlage der Berliner Verkehrslärmkarte bestimmt. Zur Berechnung relativer Risiken und zur Kontrolle des Einflusses potenzieller Störvariablen auf die Ergebnisse wurden konditionale logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Zu den berücksichtigten Störvariablen gehörten die Prävalenz von Diabetes mellitus, die Prävalenz von Bluthochdruck, die MI-Familiengeschichte, das relative Körpergewicht, die Rauchgewohnheiten, die Schulausbildung, der Berufsstatus, der Familienstatus, Schichtarbeit, Arbeitslärm und andere.

Bei Männern bestand eine Dosis-Wirkungs-Beziehung in Form eines ansteigenden MIRisikos mit steigender Verkehrslärmbelastung. Das Odds Ratio für Männer in den beiden höch-

sten Schallpegelkategorien betrug zusammengenommen $OR = 1,18$ (95%-KI: 0,93-1,49; $p = 0,171$) im Vergleich zu denen der Referenzgruppe (Immissionspegel tags außerhalb der Wohnung > 65 dB(A) versus ≤ 60 dB(A)). In der Teilstichprobe von Männern, die 10 Jahre lang nicht umgezogen waren, war der Befund statistisch signifikant. Zwei unterschiedliche Berechnungsverfahren führten auf Odds Ratios von $OR = 1,33$ (95%-KI: 1,00-1,76; $p = 0,046$) und $1,45$ (95%-KI: 1,03-2,05; $p = 0,034$) für den Vergleich. Bei den Frauen wurde kein schallpegelabhängiger Zusammenhang mit dem Herzinfarkttrisiko gefunden. Bei Männern war die Belästigung durch Straßenverkehrslärm und bei Frauen die Belästigung durch Fluglärm in der Nacht signifikant mit einem höheren MI-Risiko verbunden. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass chronische Verkehrslärmexposition das Risiko für ischämische Herzkrankheiten erhöht.

Die Studie "Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt – Ergebnisse der "NaRoMI"-Studie" ist in der Reihe WaBoLu-Hefte des Umweltbundesamtes als Nr. 02/04 erschienen. Sie kann bestellt werden beim Umweltbundesamt, ZAD, Fax: 030/ 8903 2912, info@umweltbundesamt.de. Eine Zusammenfassung lässt sich von den Internetseiten des Umweltbundesamtes herunterladen: www.umweltbundesamt.org/pdf-ll/2621.pdf.

Biologische Aerosole im Vollzug

Ralf Beck, Bayer. Landesamt für Umwelt

Inhalt

- UBA-Fachgespräch zu Biologischen Aerosolen
- Rechtliche Vorgaben: TAsi, TA Luft und 30. BImSchV
- Stand der Technik: VDI 3475 Bl. 1 und 2
- VDI-Richtlinienreihe 4250ff
- Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken
- NRW-Erlass
- Fallbeispiele

UBA-Fachgespräch 2004

- Mikroorganismen-Aerosole können – insbesondere in hohen Konzentrationen – gesundheitliche Auswirkungen haben.
- Immissionen durch emissionsmindernde Maßnahmen und Abstandsregelungen minimieren.
- Einhaltung der Anforderungen der TA Luft und gute fachliche Betriebspraxis → keine weitergehende Anforderungen erforderlich.
- Ungünstige Gegebenheiten können zu erhöhten Mikroorganismen-Immissionen führen → Einzelfallprüfung

TA Siedlungsabfall

5.4 Aufbereitungsanlagen für biologisch abbaubare organische Abfälle

■ Kompostierung

- Vorrotte soll in geschlossenen Systemen stattfinden.
- Bei kleineren Anlagen kann darauf verzichtet werden.
- Keine Anforderungen an Haupt- und Nachrotte.
- Abgas ist aufzufangen und zu behandeln.

■ Vergärung

- Keine keimrelevanten Vorgaben



TA Luft: Kompostier- und Bioabfall- Vergärungsanlagen

Mindestabstand

- Ab 3000 Mg/a bei Kompostieranlagen bzw. 10 Mg/d bei Vergärungsanlagen
 - a) geschlossene Anlagen: 300 m
 - b) offene Anlagen: 500 m



TA Luft: Kompostier- und Bioabfall-Vergärungsanlagen

I Bauliche und betriebliche Anforderungen u.a.

- Aufgabebunker geschlossen errichten; Bunkerabgase absaugen und reinigen.
- bei Kompostieranlagen: Anlagen sollen möglichst geschlossen ausgeführt werden.
- insbesondere bei Einsatz von Bioabfällen
 - ab 10.000 Mg/a obligatorisch.
- staubhaltige Abgase möglichst an der Entstehungsstelle erfassen.
- Abgase aus Reaktoren und belüfteten Mieten z.B. Biofilter zuführen

I Keime

- Die Möglichkeiten, die Emissionen an Keimen und Endotoxinen durch dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen zu vermindern, sind zu prüfen.

MBA: 30. BImSchV

I Mindestabstand: 300 Meter

I Emissionsbezogene Anforderungen

- Einrichtungen für Anlieferung, Transport und Lagerung der Einsatzstoffe geschlossen ausführen
- Mechanische Aufbereitung, physikalische Trennung und biologische Behandlung kapseln
- Abgase jeweils fassen und reinigen bzw. als Prozessluft
- Reduzierung lebens- und vermehrungsfähiger Mikroorganismen als Aufgabe der Abgasreinigung (§ 2 Nr. 2)
- Verbot relevanter diffuser Emissionen
- SdT künftig auch in VDI 3475, Bl.3 (derzeit Entwurf vom 11.2004)

I → hoher Schutzlevel

VDI 3475, Bl. 1: Kompostierung und Vergärung, Anlagenkapazität mehr als ca. 6.000 Mg/a (01/03)

- Wenige Bio-Aerosol-spezifische Minderungsvorschläge, aber viele Hinweise zur Staub- und Geruchsminimierung.
- Für Kompostier- und Vergärungsanlagen:
 - Wahl des Standorts ist eine der wichtigsten Maßnahmen zum Immissionsschutz.
 - Bei Minimierung der Staubfreisetzung wird auch die Freisetzung von Mikroorganismen minimiert.
 - Anlagen mit Ablufferfassung und -reinigung verursachen geringere Emissionsströme an Mikroorganismen.

VDI 3475, Bl. 2: Kompostierung und Vergärung, Anlagenkapazität bis ca. 6.000 Mg/a (12/05)

- Ebenfalls hauptsächlich Hinweise zur Staub- und Geruchsminimierung.
- Alle Maßnahmen, die eine Staubminderung insbesondere beim Umsetzen und Sieben zum Ziel haben, haben einen entscheidenden Einfluss auf Bioaerosolemission.
- Bioaerosol-spezifische Aussagen:
 - Sorgfältige Standortwahl sehr wichtig.
 - Durch Planenabdeckung kann eine erhebliche Reduktion der Bioaerosolemissionen erreicht werden.
 - Selbst Fertigkomposte setzen beim Umsetzen oder Verladen sehr hohe Emissionsströme frei.
 - Emissionsminderung um über 90 % möglich durch Bewässerung.

VDI 3475, Bl. 2: Kompostierung und Vergärung, Anlagenkapazität bis ca. 6.000 Mg/a

- Vergärungsanlagen:
 - Die höchsten Werte in den Bereichen Bioabfall- und Speiseabfallanlieferung, Aufbereitungshalle, Radlader, Schreddern und Feststoffe verladen.
 - Die Anlieferungsbereiche für Bioabfall und Speiseabfall erreichten Werte vergleichbar mit den Werten aus Kompostierungsanlagen.



VDI-Richtlinienreihe 4250ff

- VDI-Reihe 4250: Hinweise zu Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen (in Bearb.)
- VDI-Reihe 4251: Planung von Messungen (Entwurf 2004)
- VDI-Reihe 4252: Probenahmeverfahren (2004)
- VDI-Reihe 4253: Anzucht und Detektion (2004)
- VDI-Reihe 4254: Analyse gasförmiger Luftverunreinigungen (in Bearb.)
- VDI-Reihe 4256: Statistische Kenngrößen (in Bearb.)



VDI 4255: Bioaerosole und biologische Agenzien – Emissionsquellen und –minderungsmaßnahmen - Blatt 1

Hinweise zu

- Kompostierungsanlagen
- Vergärungsanlagen
- Wertstoffsortieranlagen
- Umladestationen
- MBA
- Deponien
- Landwirtschaft
- Abwasserbehandlungsanlagen



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

Anlagenart	geringster Abstand	Mindestabstand eingehalten	Beschwerden		Abfallart
offen	230	nein	ja	immer wieder	Grün, Garten
				nach Anlagenoptimierung	Bio, Grün, Garten,
offen	450	nein	ja	nur mehr selten	Rinden, Holz, Gärrückstand
offen	550	ja	ja	immer wieder	Bio, Grün, Garten
offen	750	ja	ja	bei Inversion	Bio, Grün, Garten
teilweise offen	1200	ja	ja	bei Inversion	Bio, Grün, Garten
geschlossen	1500	ja	ja	bei ungünstiger Windrichtung	Bio, Struktur
offen	1500	ja	ja	bei ungünstiger Windrichtung	Grün, Garten
offen	225	nein	nein		Bio, Grün, Garten
offen	380	nein	nein		Bio, Grün, Garten
offen	400	nein	nein		Grün, Garten
offen	500	ja	nein		Grün, Garten
offen	670	ja	nein		Bio, Grün, Garten
offen	700	ja	nein		Bio, Grün, Garten
geschlossen	800	ja	nein		Bio
offen	1100	ja	nein		Bio, Grün, Garten
offen	1500	ja	nein		Bio, Struktur



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

Kriterien für die Erfordernis einer Einhausung nach TA Luft 2002

- Grundsatz der TA Luft: Einhausung für Kompostieranlagen als Stand der Technik eingeführt:
 - In der Regel Anlieferungsbereich und Hauptrotte
 - Unterschreitung des Mindestabstandes
→ auch Nachrotte geschlossen

- Für Anlagen >10.000 t/a nasser oder strukturarmer Bioabfälle oder Schlämme keine Ausnahme vom Grundsatz der Einhausung.



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

- Ausnahmen regelmäßig möglich für Anlagen, die
 - keine geruchsintensiven nassen oder strukturarmen Bioabfälle oder Schlämme verarbeiten (v.a. Grün- und Gartenabfälle) und
 - < 10.000 t/a.

- Voraussetzungen:
 - keine Beeinträchtigung der Nachbarschaft durch Gerüche und
 - Stand der Technik.

- Für alle anderen Kompostieranlagen Einzelfallprüfung



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

Weitere Kriterien für die Einzelfallprüfung (für bestehende Anlagen):

- Bioabfall-Kompostierungsanlagen:
 - bis zu 5.000 t/a (u.U. bis zu 10.000 t/a): Ausnahmen von der Einhausung möglich, wenn die Anlage ansonsten den Stand der Technik einhält.

- Mindestabstand < 500 m bei offenen Anlagen: Verzicht auf eine Einhausung nur dann möglich, wenn eine nachbarschaftsverträgliche, weitgehend beschwerdefreie Betriebsweise dauerhaft gewährleistet werden kann.



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

- Mindestabstand >> 500 m (offene Anlagen): Einhausung nicht unbedingt erforderlich, wenn Stand der Technik

- bei geschlossener Bauweise Fahrzeugschleuse nicht zwingend, wenn die Geruchs- und Keimemissionen auf andere Weise weiter vermindert werden



Vollzugshilfe der Regierung von Mittelfranken

Hinweise zum Stand der Technik für Kompostieranlagen:

- ausreichende Dimensionierung der Anlage
- Umsetzrhythmus festlegen
(Häufigkeit und Witterungsbedingungen)
- Ablufferfassung und -reinigung
(für geschlossene Anlagenteile).



NRW-Erlass zur Umsetzung der TA Luft bei Kompostierungsanlagen

- mit Emissionsminderungsmaßnahmen
Hintergrundkonzentration in den relevanten
Beurteilungsgebieten erreichen
- ausreichende Maßnahmen zur Geruchsminderung →
Keimemissionsminderung ausreichend
- Maßnahmen zur Staubvermeidung bzw. -abscheidung
anwenden
- VDI 3475 Blatt 1 und 2 als Erkenntnisquelle zur
Emissionsminderung



Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage

■ Grüngutkompostieranlage

- Entfernung zu Wohnbebauung: ca. 150 m
- Durchsatzleistung max. < 3.000 Mg/a

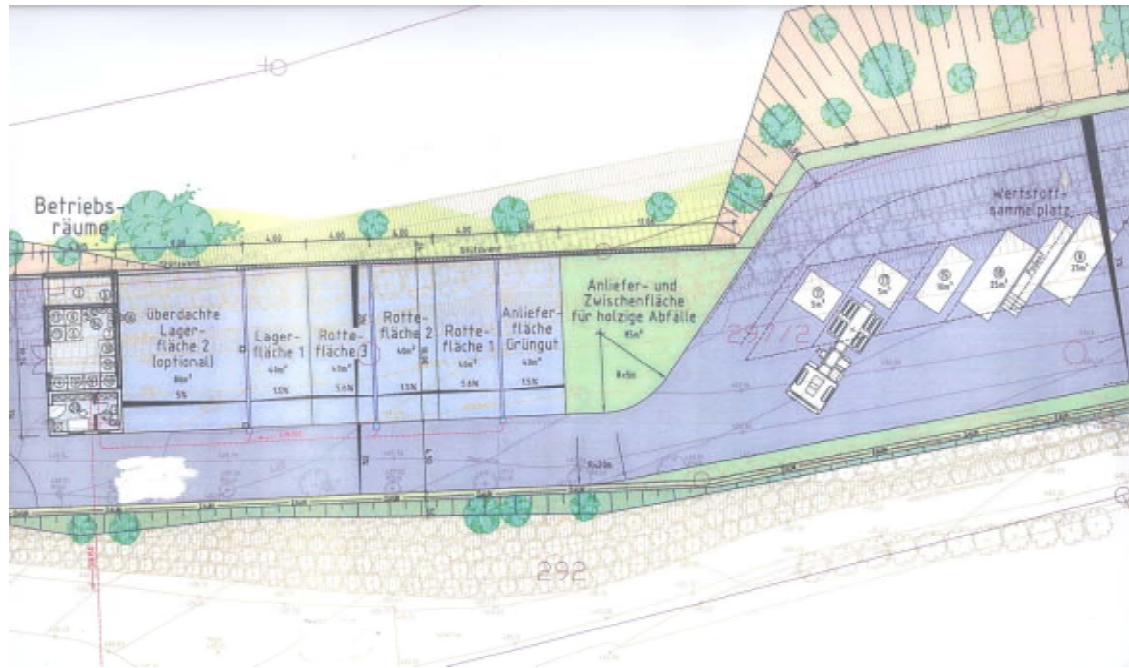
■ Bewertung:

Mindestabstand gilt nicht für baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen → Einzelfallentscheidung

Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage



Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage



© LfU / Abt. 3 / Ralf Beck / 2006

- 22 -

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage

- Anlagenstandort bei 150 m Abstand nicht ganz unkritisch → Gerüche und Keime
- positiv:
 - Grüngutabfälle,
 - topografisch und meteorologisch günstige Bedingungen (leichte Tallage der Anlage, außerhalb Hauptwindrichtung)
- Bei freisetzungsrelevanten Tätigkeiten werden auch bei der reinen Grüngutkompostierung Mikroorganismen emittiert.
- Risikobewertung schwierig, da
 1. keine Untersuchungen über die Emissionen solcher Anlagen und
 2. keine Grenzwerte für maximal tolerierbare Gehalte an Biologischen Aerosolen
- qualitative Aussage möglich: bei relativ geringem Durchsatz von bis zu 3.000 Mg/a Betrieb unter Auflagen tolerierbar

© LfU / Abt. 3 / Ralf Beck / 2006

- 23 -

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage

- Möglichkeit der Verlegung des Standortes aus Vorsorgegründen prüfen

- Maßnahmen:
 - **Anlagenstandort:**
 - Sofern keine Verlegung → geplante Standorte für den Wertstoffsammelplatz und die Kompostieranlage tauschen
 - **Betriebsführung**
 - **Anlieferung**

Fallbeispiel I: baurechtlich genehmigungsbedürftige Anlage

Biologische Behandlung (Rottebereich):

- meteorologische Verhältnisse berücksichtigen, also keine freisetzungrelevanten Tätigkeiten bei folgenden ungünstigen Wetterlagen:
 - Wind in Richtung Wohngebiet
 - Schwachwindwetterlagen (Windgeschw. < 1 m/s)
 - Inversionswetterlagen

Fallbeispiel II: BImSchG- Anlage

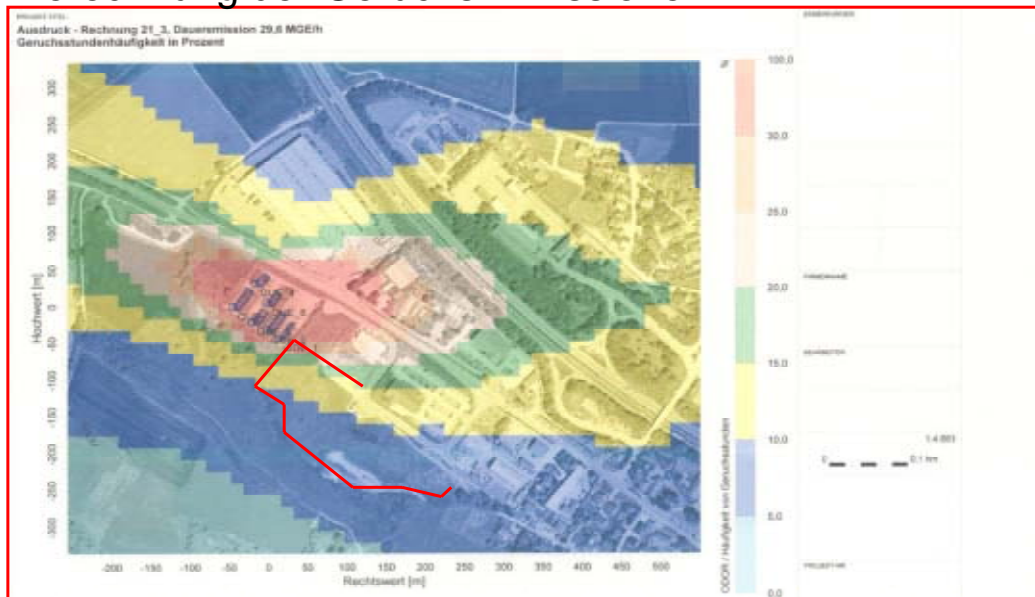
- Grüngutkompostieranlage
- Kompostierverfahren: unbelüftete Mietenkompostierung, nicht eingehaust
- Durchsatzleistung: max. 6.300 Mg/a
- Entfernung zur Wohnbebauung: geplantes Mischgebiet reicht bis zur Anlagengrenze, Abstand zur ersten Wohnbebauung ca. 50 m

Fallbeispiel II: BImSchG-Anlage



Fallbeispiel II: BImSchG-Anlage

Berechnung der Geruchsimmissionen:



Fallbeispiel II: BImSchG-Anlage

- Folgerung für Keimemissionen:
- → **Gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse nur durch eine Verlegung der Anlage!**
- Alternative: zeit- und kostenintensive Messungen → wahrscheinlich keine Entwarnung
- Bescheid zur Änderung des FNP:
 - Sensible Nutzungen erst nach Verlegung der Anlage
 - Unsensible Nutzungen, z.B. Lagerhalle auch parallel zum Anlagenbetrieb möglich

Fallbeispiel II: BImSchG-Anlage

- Maßnahmen zum Schutz der bestehenden Wohnbebauung (< 500 m) bis zur Verlegung u.a.:
 - Aufbereitungsbereich und Haupttröte sowie Konfektionierung und Lager: Verlegung auf Gelände
 - **Berücksichtigung der Wetterbedingungen bei freisetzungrelevanten Behandlungsschritten**



Fazit

- Bioaerosol-Immissionen nicht vernachlässigbar, aber beherrschbar durch
 - Maßnahmen zur Geruchs- und Staubminimierung (SdT, TA Luft) und
 - saubere Betriebsführung
- Besonders wichtig: Einhaltung der Mindestabstände i.R. von Bauleitplanung und Genehmigungsverfahren
- Unterschreitung möglichst vermeiden
- Wenn notwendig, nur nach eingehender Einzelfallbetrachtung



Messungen von Emissionen und Immissionen im Umfeld von Kompostieranlagen

Prof. Dr. rer. nat. Guido Fischer, Juniorprofessur „Umwelthygiene – Mykologie und biogene Umwelttoxene“, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät der RWTH Aachen

Inhalt

- 1. Notwendigkeit von Messungen
- 2. Emissionsrelevante Einrichtungen
- 3. Richtlinienserie VDI 425x, insb. 4251 Bl. 1
- 4. Beschreibung der Messungen
- 5. Messunterschiede bei verschiedenen Methoden
- 6. Leitorganismen
- 7. Kostenrahmen einer Messung?

5. Konzentrationen der MVOC



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxene“



1. Notwendigkeit von Messungen (vgl. VDI 4251 Blatt 1)

- Ermittlung der Reichweite von Emissionen
- Untersuchungen zum Schutz von Schutzobjekten
 - Beschwerdefall (z.B. Wohnbebauung, Lebensmittelwirtschaft, Medizinische Einrichtungen)
- Genehmigungsverfahren
 - Erweiterung oder Veränderung von Anlagen
 - An Schutzobjekten gemessenen Konzentrationen mit Ergebnissen von Immissionsprognosen vergleichen
- Anlagenüberwachung
 - Überprüfung eines ordnungsgemäßen Anlagenbetriebes (s. Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheides)
 - Kontrolle der Wirksamkeit technischer oder organisatorischer Emissionsminderungsmaßnahmen bzw. immissionsrelevanter Änderungen
- Messungen bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen



1.1 Übersicht: Meßprinzipien und Vorschriften

- Filtration
 - Medium Volume Sampler MVS 6.1 („KleinfILTERgerät“) (VDI/DIN 4252Bl. 2)
 - Sartorius MD 8
 - Sartorius AirPort MD 8
 - PGP-System (**P**ersonen-**g**etragenes **P**robenahmesystem)
 - Planfilterkopfgerät (**Isokinetik**) (VDI DIN 2066)
 - Gravikon VC 25 (Ströhlein, **high volume sampler**) (nach BIA)
- Impingement
 - AGI-30 (Bakterien) (VDI/DIN 4252 Bl. 3)
- Impaktion
 - Merck MAS 100 (VDI/DIN 4300 Bl. 10)
 - Andersen Sampler (1-, 2-, 6-, 8-stufig)
 - RCS-Sammler (Reuter Centrifugal Sampler)





Filtration

- MVS6.1; Sartorius MD 8; PGP-System mit Vakuumpumpe

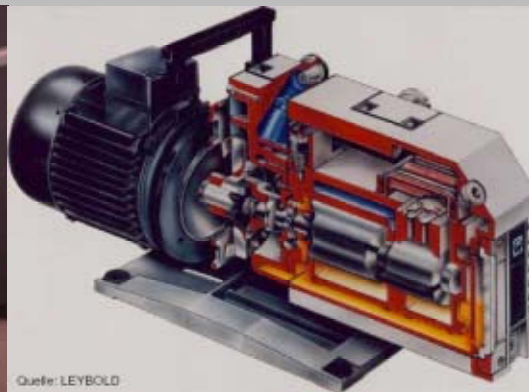


Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“



Impingement

- AGI 30: All Glass Impinger mit angeschlossener Vakuumpumpe



Quelle: LEYBOLD

} Öffnung des Glasrohres 30 mm über dem Boden des Gefäßes



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“





Vor- und Nachteile der Messprinzipien

Verfahren	Aufarbeitung	Meßbereich	Nachteile des Verfahrens
Filtration	- direkt, - indirekt	0 – 10⁸ KBE/m³	a) Untere Nachweisgrenze bei kleinen Luftvolumen kritisch (vgl. VDI/DIN 4253 Bl.2), b) „ Sammelstress “
Impingement	- indirekt	0 – 10⁸ KBE/m³	a) Auflösung von Mikroorganismen- Aggregaten , b) Vermehrung der MO in der Suspension c) geringerer „Sammelstress“
Impaktion	- direkt	0 – 10⁴ KBE/m³	Untere und obere Nachweisgrenze kritisch



2. Freisetzungsrelevante Anlagenteile und Tätigkeiten

Verfahrenstechnische Bereiche:

- **Anlieferungsbereich**
 - je nach Grad der Einhausung!
- **Intensivrotte**
 - nur bei offenen Trapezmieten
- **Nachrottebereich**
 - wenn nicht vollständig eingehaust!
- **Konfektionierung**
 - je nach Qualität des Kompostes!

Relevante Tätigkeiten:

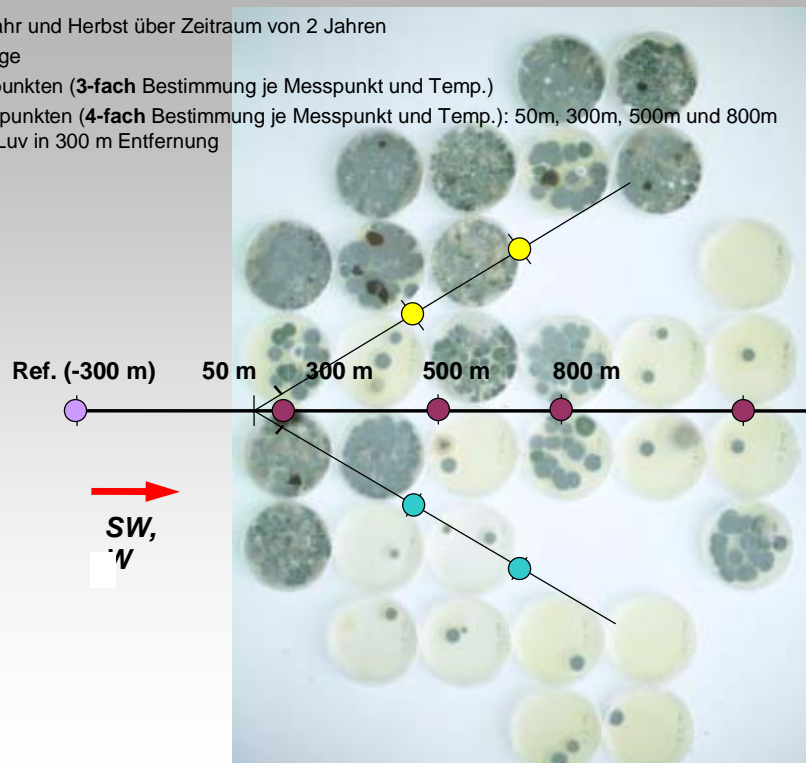
- **Anlieferung durch Müllfahrzeuge**
- **Materialaufgabe**
- **Aufsetzen der Mieten**
- **Umsetzen der Mieten**
- **Siebung**
- **Störstoff-Abscheidung**
- **Belüftung!?**





2.1 Eigene Untersuchungen zu Schimmelpilzen (1995 / 1999 – 2001)

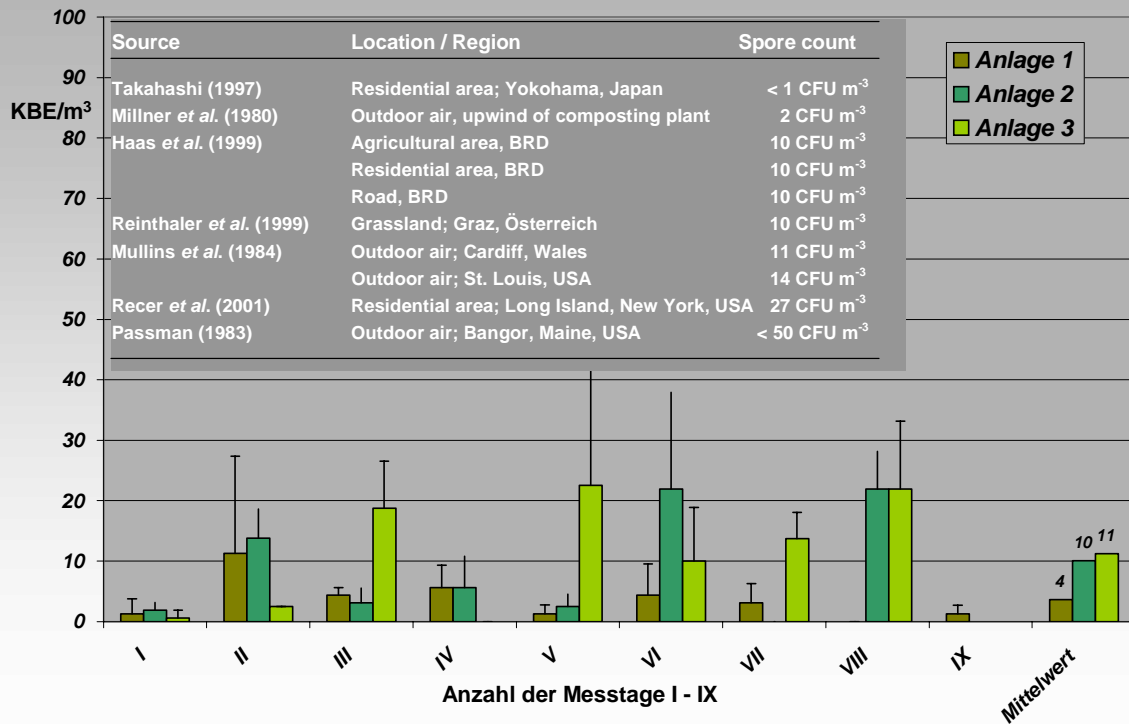
- Messungen im Frühjahr und Herbst über Zeitraum von 2 Jahren
- 8 Messungen je Anlage
- Emission an 3 Messpunkten (3-fach Bestimmung je Messpunkt und Temp.)
- Immission an 9 Messpunkten (4-fach Bestimmung je Messpunkt und Temp.): 50m, 300m, 500m und 800m auf drei Achsen und Luv in 300 m Entfernung



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“



2.2 Hintergrundwerte für *A. fumigatus* im Luv der Anlagen

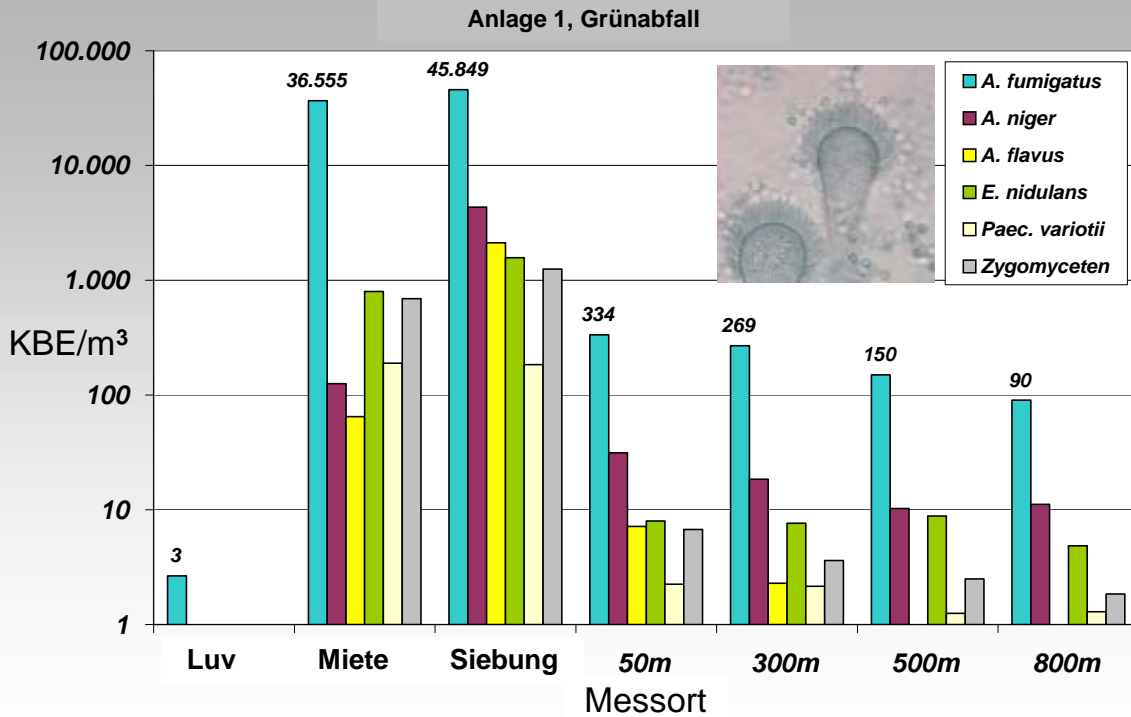


Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“





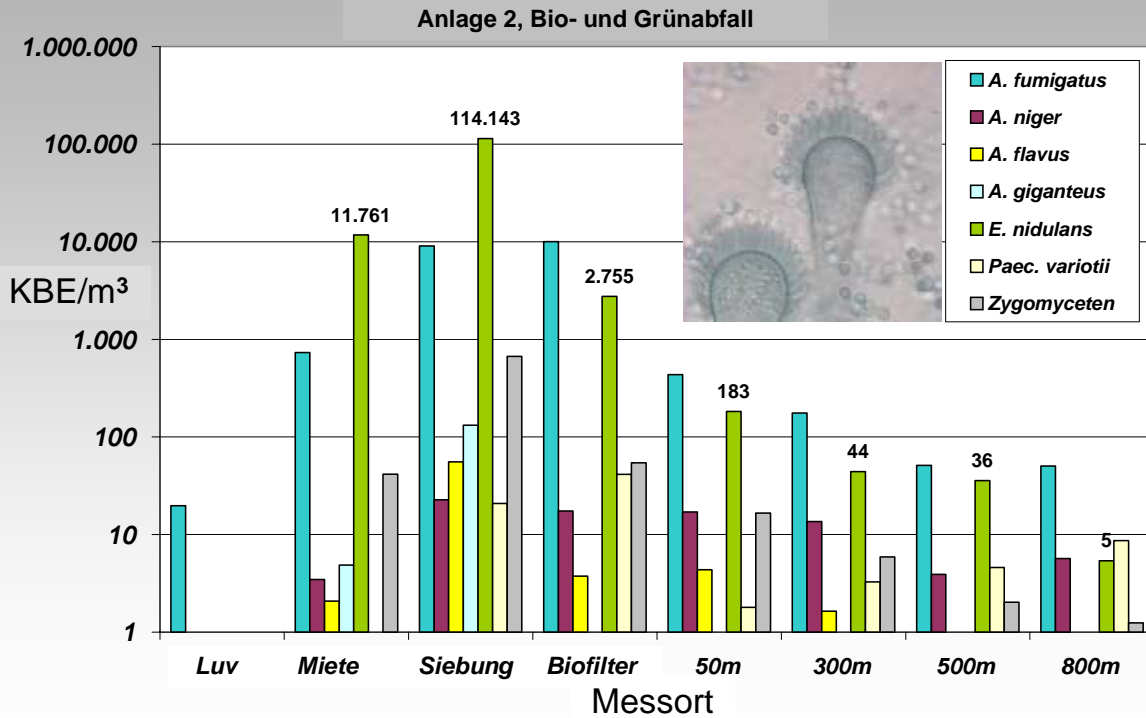
2.3 Mittlere Konzentrationen thermotoleranter Schimmelpilze (n = 8)



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“

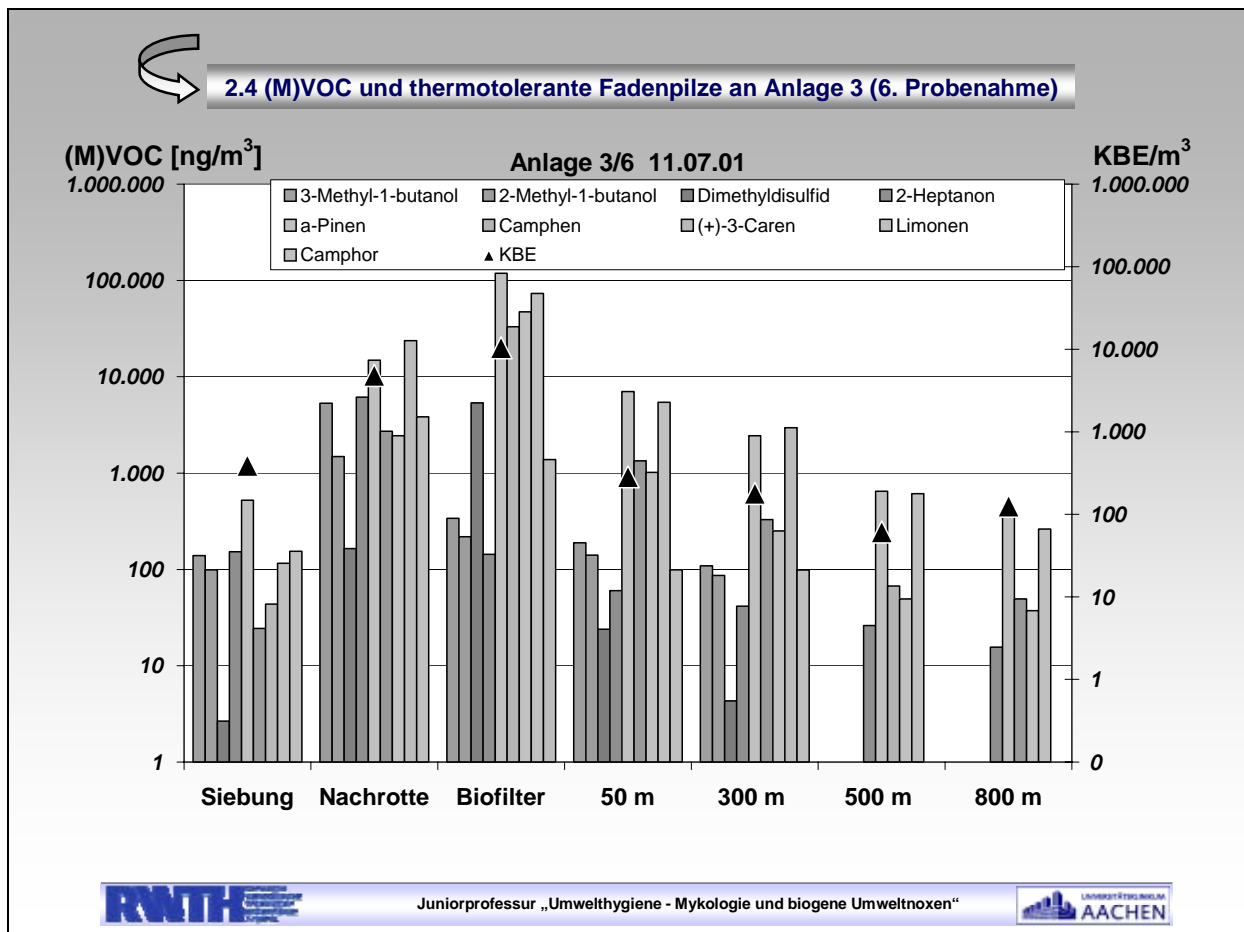


2.3 Mittlere Konzentrationen thermotoleranter Schimmelpilze (n = 8)



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“





3. Vorstellung der „Richtlinienreihe 4250“ - VDI 4251 Bl. 1

- „Planung von anlagenbezogenen Messungen“ (VDI 4251 Blatt 1)
 - u.a. Messaufgaben (3.)
 - Reichweite
 - Schutzobjekte
 - Anlagenüberwachung
 - Ungünstige Ausbreitungsbedingungen
 - Messobjekte (5.)
 - Kenngrößen:
 - Median
 - Spitzenwert
 - Arithm. Mittel
 - Bestimmung der Hintergrundkonzentration (8.)
 - Messstrategie bei Fahnenmessungen (9.)
 - Fächeranordnung bei Punktquellen
 - Fächeranordnung bei ausgedehnten Quellen
 - Messverfahren: Probenahme (4252), Analyse (4253)
 - Auswertung (10.), Messbericht (11.)
 - Übersicht über Anlagen, anlagen- und schutzbezogene Parameter (Anhang)



3. Vorstellung der „Richtlinienreihe 4250“

- Für die Messungen und Aufarbeitung von Immissionsproben (Außenluft) existieren Richtlinien, die auf dem Filtrations- und dem Impingementprinzip basieren:
 - Planung von Anlagenbezogenen Messungen (VDI 4251 Blatt 1)
 - Probenahme Schimmelpilze (MVS 6.1)
 - VDI 4252 Bl. 2: Filtration
 - VDI 4252 Bl. 3: Impingement (AGI-30)
 - Aufarbeitung Schimmelpilze (indirekte Methode)
 - VDI 4253 Bl. 2 Filtration
 - VDI 4253 Bl. 3: Impingement (AGI-30)
 - Emissionsquellen und Minderungsmaßnahmen (VDI 4255 Blatt 1)
 - Ermittlung von Verfahrenskenngrößen (VDI 4256 Blatt 1)
- Für Messungen im Innenraum:
 - Messstrategien bei der Untersuchung von Schimmelpilzen im Innenraum (VDI 4300 Blatt 10)
- Für isokinetische Messungen in strömenden Gasen (Emissionsquellen) kann eine Messmethode zur Sammlung von Stäuben genutzt werden:
 - Planfilterkopfgerät - VDI 2066



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“



4. Beschreibung der Messungen (wichtige Aspekte!)

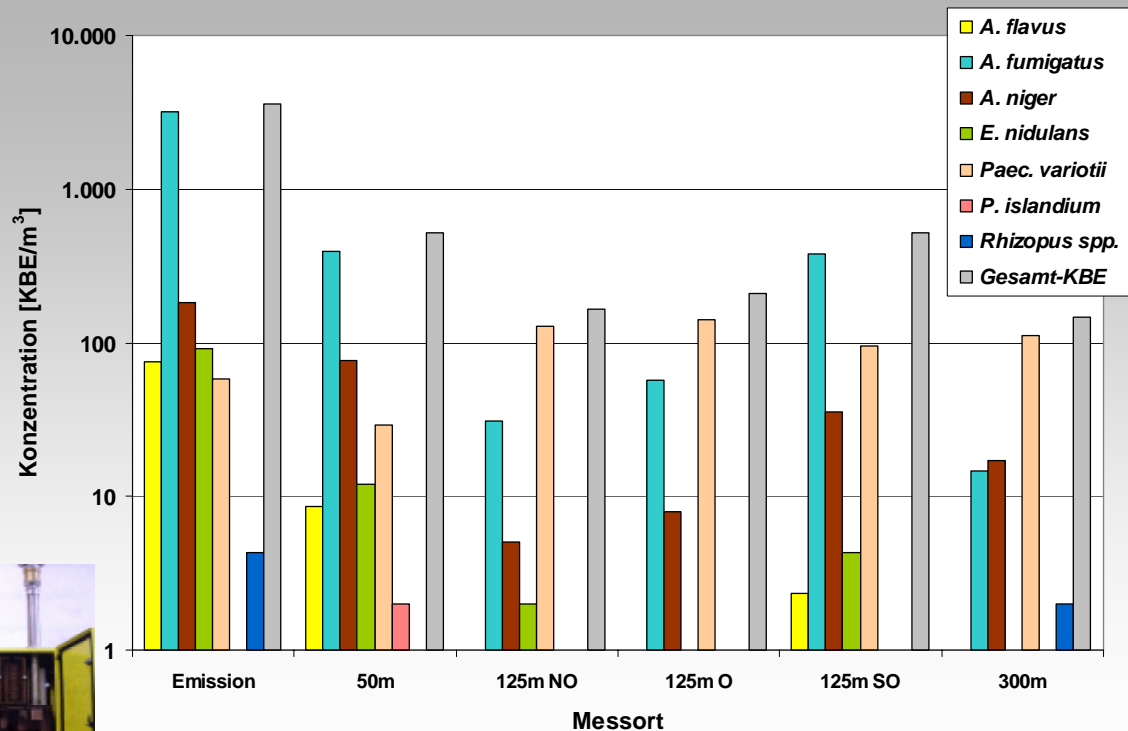
- **Vorbereitung:**
 - **Begehung** des Geländes, **Grundkarten** einsehen, Messraster anlegen (Fahnenmodell)
 - **Anordnung der Messorte** nach der jeweiligen Messstrategie festlegen: z.B. Fahnenmessung; Orientierung des Messrasters an der **Hauptwindrichtung**
 - **Zeitpunkt** der Messungen, Durchführung der Messung i.d.R. nur unter bestimmten **meteorologischen Bedingungen**: 1) kein Niederschlag, 2) stabile Schichtung der Atmosphäre, 3) Windgeschwindigkeiten > 1m/s aus Hauptwindrichtung (80%)
- **Durchführung:**
 - **Zeitgleicher Betrieb** der Messgeräte an allen Messorten (Abstimmung der Probenehmer), nur unter definierten **meteorologischen Bedingungen**
 - Sachgerechter **Transport** der Proben zum Labor (**5°C**)
 - **Aufarbeitung** der Proben im Labor (möglichst schnell, **< 24h**): direktes Auflegen der Filter (**25 und 37°C!**), Verdünnungsreihe (Ausplattieren bei 25 bzw. 37°C)
 - **Auswertung** der Proben: nach **2d, 3d*, 4d, 6d, 7d**; * Ink. bei 37°C
 - **Berichterstattung**



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“



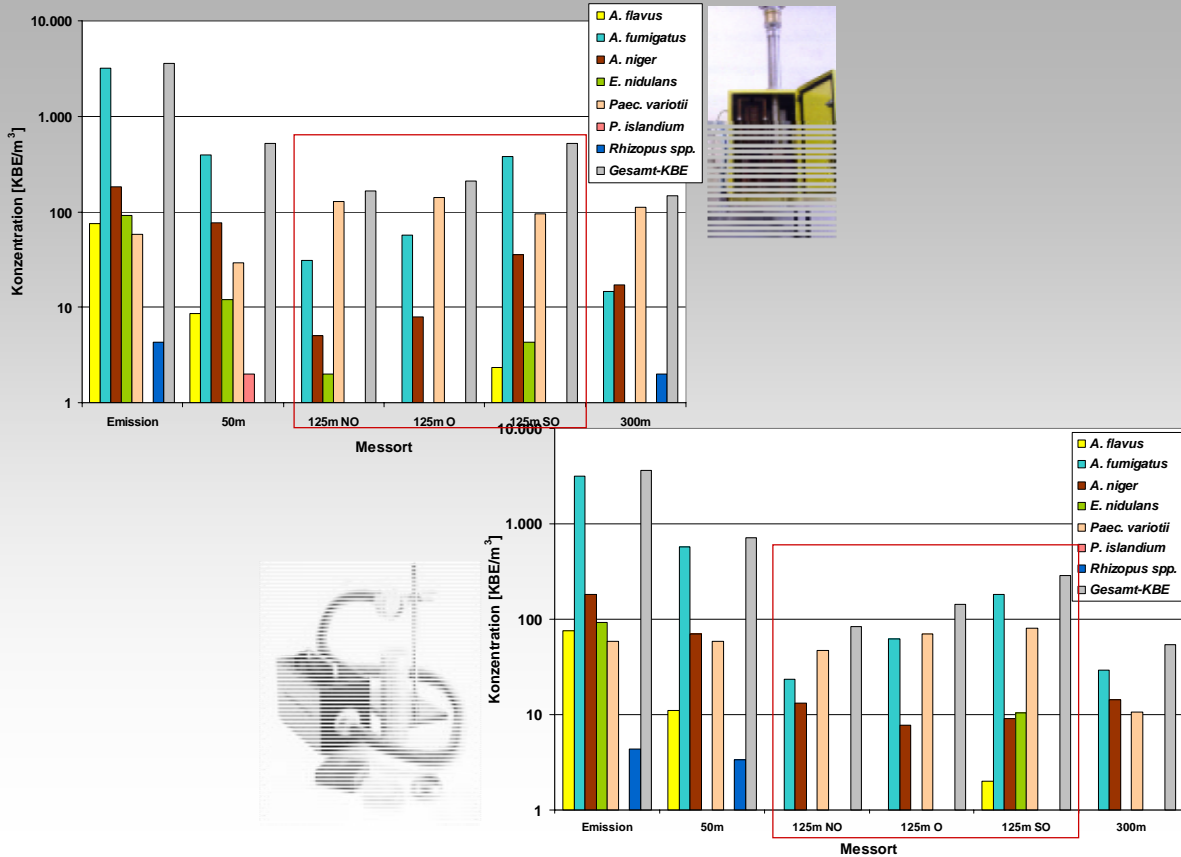
5. Messunterschiede bei verschiedenen Methoden



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxine“



5. Messunterschiede bei verschiedenen Methoden (MVS6.1 versus MD-8)



6. Beschränkung auf Leitorganismen

- vgl. Anhang A in VDI 4251 Blatt 1:
 - Anlagenbezogene Parameter (obligate oder Leit-; fakultative):
 - Obligate Parameter: z.B. **Gesamtbakterien 37°C**, **Gesamtpilze 25°C**
 - Leitparameter: z.B. **Thermotolerante Pilze**, **A. fumigatus**
 - Fakultative Parameter: **A. flavus** (Kompostierungsanlagen); *Enterococcus faecalis* (Tierhaltung)
 - Schutzbezogene, umweltmedizinische Parameter:
 - Fakultative Parameter: z.B. **Differenzierung der Pilze**, **Endotoxine**
- **Liste fasst Kenntnisstand zusammen, sollte weiterentwickelt werden**
- Leitparameter können sein:
 - A) **Summenparameter**: z.B.
 - B) „**Zeigerarten**“: **A. fumigatus**, (*Emericella nidulans*, *Penicillium crustosum*, *Paecilomyces variotii*)

7. Kostenrahmen einer Messung?

- Geräte-Preis: ca. 3.500€ (9 Messorte parallel = 9 Geräte!)
- Zeitdauer (5 bzw. 6 Messungen/Messort x Messobjekt; 3 (Mittel) bzw. 4 (95.Perz) Messtage saisonal gleich verteilt): **3-4 Tage Messung**
- Laborarbeit zum Ansatz der Proben (mind. 5 x 3 Messungen an 9 Messorten): 135 Messungen =
 - bei 135 Verdünnungsreihen = ca. **5 Tage Ansatz der Proben;**
 - bei direktem Ausplattieren = ca. **1 Tag Auslegen der Filter**
- Laborarbeit zur Auswertung der Proben = **5 Tage**
- **d.h.: 14 Tage Arbeit für eine Messreihe**
- Die Kosten sind nicht allgemein gültig zu beziffern, da sie von der Art der Messinstitution (privat, öffentlich) und der Personalstruktur der Einrichtung abhängen! Den höchsten Anteil machen die Personal- und Gerätekosten aus.



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxene“



7.1 Kostenrahmen: Abhängigkeit vom Messumfang

- Mindestanforderungen für Fahnenmessungen (VDI 4251 Blatt 2)
- Mind. 5 Messungen / Messort x Messobjekt:
 - Medianwerte: 3 Messtage (saisonal gleich verteilt) → **15 Messungen x 7 Messorte**
 - **= 105 Messungen**
 - Arithm. Mittelwert (Hintergrund, 2 Messorte!): 3 Messtage → **30 Messungen (ges.)**
- Mind. 6 Messungen / Messort x Messobjekt
 - 95. Perzentil 4 Messtage (saisonal gleich verteilt): → **24 Messungen x 7 Messorte**
 - **= 168 Messungen**
- Laborarbeit, Ansatz der Proben (VDI 4253 Blatt 2):
 - bei **105 + 30** Verdünnungsreihen (3 Stufen mit je 3 Parallelen, + 4) = **13 x 135 Petrischalen = 1.755 Petrischalen !!!;**
 - bei **168 + 30** Verdünnungsreihen (3 Stufen mit je 3 Parallelen, + 4) = **13 x 198 Petrischalen = 2.772 Petrischalen !!!;**
 - bei direktem Ausplattieren = **135 bzw. 198 Petrischalen**



Juniorprofessur „Umwelthygiene - Mykologie und biogene Umwelttoxene“



8. Zusammenfassung

- Standardisierte Probenahme- und Nachweisverfahren im Rahmen von VDI Richtlinien für die Außenluft (Immission) beschrieben:
 - „Schimmelpilze“ (Filtration, VDI 4252 Bl. 2, 4253 Bl. 2)
 - „Bakterien“ als **Gründruck** (Impingement, VDI 4252 Bl. 3, 4253 Bl. 3)
- Emissionsquellen und Minderungsmaßnahmen (VDI 4255 Bl. 1)
- Planungs-Richtlinie als **Gründruck** erschienen (VDI 4251 Bl. 1) :
 - kritisiert wurde hier vor allem der große technische und finanzielle Aufwand, den eine Untersuchung nach dem Fahnenmodell nach sich zieht
- „Zählverfahren“ (VDI 4256 Bl. 1)

Die immissionsreduzierte Anlagensteuerung IRAS

Dr.-Ing. Joachim Müsken, Dipl.-Phys. Thomas Lung, Dipl.-Ing. Gerhard Kruse

1 Exposition

Die Kompostierung von nativ organischen Abfällen ist in der Regel mit der Emission von Gerüchen und Keimen verbunden. Der Stand der Abluftfassungs- und Filtertechnik ermöglicht bei gekapselten Anlagen eine weitgehende Beseitigung der Emissionen von Gerüchen und Keimen durch z. T. mehrstufige Abluftreinigungsverfahren. Aber auch bei offen oder nur teilweise geschlossen geführten Rotteanlagen ist ein emissionsarmer Betrieb möglich.

Dennoch gibt es immer wieder Probleme infolge ungünstiger Standorte oder aufgrund mangelhafter Betriebsführung. Diese Probleme spiegeln sich auf der Seite der betroffenen Anwohner in erhöhten Geruchs- und Keimbelastungen wider.

1.1 Emissionsreduzierung

Die wesentlichen Einflussgrößen auf die Geruchsauswirkung eines Kompostwerkes sind neben der Auswahl eines möglichst unkritischen Standortes und einer auf die örtlichen Gegebenheiten angepassten Planung

- der Anlagendurchsatz und die Art der verarbeiteten Abfälle,
- das gewählte Rotteverfahren,
- der Grad der Einhausung von geruchsemitterenden Anlagenteilen,
- die erzielte Reinigungsleistung in Abluftströmen aus eingehausten Anlagenteilen und
- die Betriebsführung.

Die Analyse von geruchstechnischen Schadensfällen zeigt, dass neben Planungsfehlern folgende Problemkreise regelmäßig relevant sind:

a) Betriebsführung

- Nachlässige Betriebsführung, die den Belangen des Emissionsschutzes nicht genügend Rechnung trägt (Stichworte: Offene Tore, andere diffuse Quellen).
- Unterschätzung der Wirkung „kleiner“ Geruchsquellen, wie z. B. offene Reststoffcontainer oder die offene Verladung von Frischkompost.
- Unzureichende Kontrolle und Wartung der Abluftreinigungsanlagen (Stichwort: Filterpflege).

b) Einflüsse von außen

- Verharmlosung von Beschwerden von Nachbarn durch den Anlagenbetreiber und damit Eskalation der Auseinandersetzung über erträgliche Bedingungen im Umfeld des betroffenen Werkes, aber auch Ausnutzung der Situation durch Nachbarn, die sich einen materiellen Gewinn versprechen, wenn sie an sich zumutbare Immissionen problematisieren.
- Zögerliches Vorgehen bei der Problemlösung, sei es aus Kosten- oder aus Imagegründen.
- Heranrücken von Wohnbebauung oder Gewerbe an die Grenzen des Kompostwerkes durch Neubauten nach der Inbetriebnahme.

Die Kapselung aller Geruchsstoffe emittierenden Anlagenteile macht den aus der Abluftreinigung austretenden Luftstrom i. d. R. zum Hauptträger der insgesamt abgegebenen Geruchsfracht bei der Kompostierung. Daher ist ein störungsfreier und emissionsarmer Betrieb der zur Abluftdesodorierung meist eingesetzten Biofilter für das Gesamtergebnis aller Maßnahmen zur Verhinderung von Geruchsemissionen aus geschlossenen Anlagen bzw. Anlagenteilen entscheidend.

An dieser Stelle sei angemerkt, daß die Forderung nach der „besten verfügbaren Technik“, wie sie auch in der IVU-Richtlinie der EU gefordert wird, eine ganze Reihe von Maßnahmen zur Emissionsminderung möglich macht, die sich nicht notwendigerweise nur auf die Kapselung von Anlagenteilen und die Abluftreinigung beschränken.

1.2 Immissionsreduzierung

Immissionen von Gerüchen und Keimen werden im Vergleich mit den „traditionellen“ Luftschadstoffen gesondert beurteilt, da sie lediglich belästigenden Charakter aufweisen bzw. kein festumrissenes Gefahrenpotenzial beinhalten. Bei Geruchsmissionen wird im Allgemeinen die Überschreitungshäufigkeit vorgegebener Schwellenwerte als Kenngröße für die Belastungssituation herangezogen; bei Keimen ist neben der Auftrittshäufigkeit auch der Medianwert (50-Perzentil) der Konzentration wegen der außerordentlichen Schwankungsbreite der Immissionswerte eine geeignete Kenngröße. Der aktuelle Stand der wissenschaftlichen Diskussion weist auf ein zusätzliches allergenes Risiko bei kurzfristig auftretenden Spitzenkonzentrationen von Keimen und Pilzsporen hin.

Für das Auftreten von Spitzenkonzentrationen spielen neben betrieblichen Maßnahmen bzw. Betriebszuständen vor allem die meteorologischen Verhältnisse am Anlagenstandort eine entscheidende Rolle. So kann eine im Regelfall ausreichende Verwirbelung und damit Verdünnung von Geruchsstoffen und Keimemissionen bei stabilen Wetterlagen drastisch reduziert sein, so dass stark erhöhte Immissionen auch in weiteren Entfernungen die Folge sind. Dies gilt im Besonderen für Kompostwerke in unstrukturiertem, unbebautem Gelände sowie für Anlagen in Hanglagen, die von sog. Kaltluftabflüssen betroffen sind.

Immissionsminderungen lassen sich grundsätzlich durch 4 verschiedene Verfahrensweisen erzielen:

1. An der Quelle durch Abluftreinigungseinrichtungen
2. Zeitliche und ggf. auch räumliche Änderung der Emissionsverteilung
3. Umlenkung der wirksamen Strömungsfelder / Abluftfahnenüberhöhung
4. Am Immissionsort durch Belüftungsanlagen mit Schadstoff-Filterung o. ä.

Die im Folgenden beschriebene immissionsreduzierte Anlagensteuerung gründet sich ausschließlich auf die 2. Verfahrensweise, wobei Kombinationen mit 1. und 3. möglich sind.

2 Einfluss des Anlagenbetriebs auf die Emissionskontrolle

Natürlich kann auch ein optimaler Anlagenbetrieb Planungsfehler nur unvollständig oder gar nicht kompensieren. Dennoch kann eine akkurate Betriebsführung entscheidend zur Minimierung der Geruchs- und auch der Keimemissionen beitragen. Die Analyse von näher untersuchten Schadensfällen zeigt regelmäßig, dass unabhängig von der Ausstattung eines Werkes bestimmte emis-

sionsrelevante Fehler immer wieder auftauchen. Hier sei auf die im Vortag von Herrn Kummer „Technische Möglichkeiten der Emissionsminderung bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen“ gemachten Ausführungen hingewiesen.

Im Folgenden wird daher nur auf einige besonders wichtige Randbedingungen für die Emissionskontrolle eingegangen.

2.1 Belüftungssysteme

Unbelüftete Mietensysteme haben den Nachteil, daß außer beim Umsetzen der Luftsauerstoff bis ins Mieteninnere diffundieren muss. Daher verbieten sich in diesem Fall große Kompostvolumina von selbst. Allerdings ist auch bei kleinen Kompostvolumen der Sauerstoffgehalt im Material unbelüfteter Haufwerke nicht immer optimal. Besonders in der Intensivrottephase während der ersten Wochen des Kompostierungsprozesses kann es zu partiellen Unterversorgungen kommen, was sich dann spätestens beim Umsetzvorgang in erhöhten Geruchsfrachten niederschlägt. Nachteilig auf die Emissionssituation kann sich auch der geringe Wasseraustrag über den Luftpfad auswirken, v. a. dann, wenn ohne Dach oder Abdeckung in niederschlagsreichen Gegenden bzw. Jahreszeiten gearbeitet wird.

Verschiedene Belüftungssysteme haben ebenfalls unterschiedliche Auswirkungen auf die Geruchsemissionen eines Kompostwerkes. So wird bei saugbelüfteten Mieten in der Regel das Problem des nassen Mietenfußes bestehen, da zusätzlich zu den immer anfallenden Sicker- und Presswässern auch noch die wassergesättigte Rotteabluft nach unten geführt wird. Das eingeschränkte freie Luftporenvolumen in diesem Bereich kann dann trotz aktiver Belüftung zu anaeroben Zonen mit entsprechendem Emissionspotenzial führen. Die hohen Geruchsstoffkonzentrationen in den Luftleitungen von Saugsystemen sind zudem nicht nur auf die konzentriert anfallende Mietenabluft, sondern auch auf die ausfallenden Kondenswässer zurückzuführen. Unter dem Gesichtspunkt der Luftmengenminimierung in Rottehallen schneiden reine Saugbelüftungen auch schlechter ab als Druckbelüftungen, da keine Umluft gefahren werden kann.

2.2 Emissionsminderungsmaßnahmen bei offenen Anlagen

Generelle Einflussmöglichkeiten auf die Emission von Geruchsstoffen aus offenen Anlagen sind

- die sofortige Verarbeitung der angelieferten Abfälle,
- die Herstellung eines strukturreichen Rohmaterials für die Rotte (ausreichende Strukturgutbevorratung zur Mischung mit nassen Bioabfällen),
- die Rottführung (z. B. regelmäßiges Umsetzen zur Vermeidung anaerober Zonen in den Mieten, strikte Begrenzung der Mietenhöhe),
- die Wahl des Umsetzzeitpunktes (z. B. nicht in den ersten beiden Rottewochen, nur bei günstiger Windrichtung),
- eine saubere Betriebsführung (regelmäßige Reinigung der Verkehrswege etc.).

Bei kleineren Anlagen, die die Emissionen ihrer offenen Mieten durch Abdeckungen (Häcksel-schichten oder Planen) reduzieren, kommen länger andauernde nicht geplante Geruchsemissionen eigentlich nur dann vor, wenn nach Umsetzvorgängen die frisch aufgesetzten Mieten nicht sofort wieder abgedeckt werden oder die Deckschichten bzw. Planen nicht ordnungsgemäß aufgebracht werden. Die Gesamtemission kann durch Mietenabdeckung sehr weitgehend reduziert werden. Dies gilt auch für Werke, die mit Druckbelüftung arbeiten.

Eine weitere, wichtige Einflussgröße auf den Rotteverlauf und auf das Geruchsemissionspotenzial in offenen Anlagen stellt die Niederschlagsmenge dar. An Standorten in niederschlagsreichen Gebieten, aber auch in Zeiten mit starken Regenfällen, empfiehlt sich eine Abdeckung der Mieten, sofern keine überdachten Flächen verfügbar sind. Zumindest im Rottestadium fortgeschrittene Mieten vernässen aufgrund der geringen Verdunstungsrate sehr schnell. Anaerobe Zonen und die zugehörigen Geruchsemissionen sind die Folge. Zudem wird durch nasse Materialien die Feinaufbereitung (Sieben, Störstoffabscheidung) behindert.

2.3 Abluftreinigung

Aufgrund der zentralen Bedeutung für die Außenwirkung einer Kompostierungsanlage spielen der Filterbetrieb und die Filterpflege eine wichtige Rolle bei der Emissionskontrolle. Der Betrieb von Abluftreinigungsanlagen, die in (teilweise) eingehausten Kompostwerken praktisch immer aus einem Biofilter bestehen, eventuell in Kombination mit einem Biowäscher, setzt ein ähnlich ausgeprägtes Fingerspitzengefühl voraus, wie der Rottebetrieb selbst. Wie alle biologischen Systeme bedürfen auch biologische Abluftreinigungen einer dauernden Überwachung und Pflege, wenn Sie mit optimalem Wirkungsgrad gefahren werden sollen.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die oft auftretenden Fehlfunktionen in Anlagen zur Abluftreinigung (Biofilter), deren Auswirkungen auf die Emissionssituation und mögliche Ansätze zur Problemlösung. Der Bestimmung von Nährstoffgehalten im Filtermaterial kommt eine eher untergeordnete Bedeutung zu, da die Filter i. d. R. ausgetauscht werden, bevor ein Nährstoffmangel zu Problemen führt.

Tab. 1: Auswirkungen und Behebung von Fehlfunktionen der Abluftreinigung (Biofilter)

Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
hohe Geruchsstoffkonzentration im Rohgasstrom (z. B. aus saugbelüfteten Mieten)	hohe Raumbelastung des Filters, trotz hoher Reinigungsleistung erhöhte Reingaskonzentrationen	Rohgaskonditionierung bzw. Vorschaltung eines Wäschers
stark wechselnde Geruchsstoffkonzentrationen und/oder hohe Temperaturen im Rohgas	dauernder Wechsel des Nahrungsangebotes und des Milieus für die im Filter aktiven Mikroorganismen	Mischung verschiedener Abluftströme, evtl. Konditionierung von Teilströmen
schneller und/oder ungleichmäßiger Abbau des Filtermaterials	Erhöhung des Druckwiderstandes im Filter, ungleichmäßige Reinigungsleistung, evtl. Filterdurchbrüche	regelmäßige Aufarbeitung und evtl. Wechsel des Filtermaterials, Einsatz von Filtermaterialien mit hoher Standzeit
Austrocknung des Filtermaterials	Abnahme der Reinigungsleistung bis hin zu Filterdurchbrüchen	Rohgasbefeuchtung, Bewässerungseinrichtung für die Filteroberfläche
ungleichmäßige Anströmung des Filters	Abnahme der Reinigungsleistung bis hin zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Reinigung der Zuluftführung
ungleichmäßiges Abströmverhalten	Abnahme der Reinigungsleistung bis hin zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, Aufarbeitung des Filtermaterials, Beseitigung von Austrocknungszonen
verbrauchtes Filtermaterial	Abnahme der Reinigungsleistung bis hin zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, Aufarbeitung bzw. Ersatz des Filtermaterials
Nährstoffmangel im Filtermaterial	Abnahme der Reinigungsleistung bis hin zu Filterdurchbrüchen	regelmäßige Kontrolle, evtl. Aufarbeitung des Filtermaterials

2.4 Innerbetriebliches Konzept

Jeder Anlagenbetrieb kann nur so gut sein, wie es die Motivation und die Ausbildung bzw. Erfahrung des Betriebspersonals zulässt. Aufbauend auf der Sensibilisierung des Personals für die Belange des Emissionsschutzes müssen zum emissionsarmen Betrieb des Kompostwerkes entsprechende Handlungsanweisungen vorliegen. Diese Anleitungen sollten umfassen:

- Alle notwendigen Hinweise zur Minimierung von Geruchsemissionen im laufenden Betrieb, wie z. B. die Handhabung des Luftmanagements, die Auswirkungen der Rotteführung, das Entstehen und die Vermeidung diffuser Geruchsquellen etc.
- Genaue Anweisungen zu Kontrolle und Wartung der Einrichtungen zur Abluftreinigung.
- Eine möglichst detaillierte Beschreibung des Störfallmanagements, die auch die Vorgehensweise bei notwendigen Reparaturarbeiten enthält.
- Anweisungen zur Eigenkontrolle im betriebseigenen Labor.

Zur Dokumentation der Klimaverhältnisse am Standort sollten folgende meteorologischen Daten kontinuierlich aufgezeichnet werden:

- o Lufttemperatur
- o Windrichtung und -stärke
- o Niederschlagsmengen
- o relative Luftfeuchte

2.5 Vermeidbare Geruchsemissionen bzw. -immissionen

Tabelle 2 zeigt mögliche Quellen für Geruchsemissionen und Regelmechanismen, die zu deren Vermeidung führen, auf. Die Maßnahmen zur Emissionsminderung reichen dabei von Eingriffen in den Betriebsablauf bis zur Umrüstung von Aggregaten.

Neben der einwandfreien technischen Ausrüstung kommt der Betriebsführung und dem Engagement des Anlagenpersonals die größte Bedeutung bei der Minimierung von Geruchsemissionen zu. Aber auch die technische Ausstattung eines Kompostwerkes und die vorausschauende Planung von Betriebsabläufen haben einen deutlichen Einfluss.

In offenen bzw. nur teilweise eingehausten Anlagen kann mit Hilfe eines Systems zur immissionsreduzierten Anlagensteuerung (IRAS) erreicht werden, dass unvermeidliche, nur temporär auftretende Geruchsemissionen (z. B. bei Beschickungs- und Umsetzvorgängen) nur in unbewohntes Gebiet abgegeben werden. Dies setzt voraus, dass die Kompostanlage über

- eine geeignete Wetterstation,
- eine Online-Ausbreitungssimulation und
- ein entsprechendes Betriebskonzept

verfügt. Damit ist das Betriebspersonal in der Lage, kritische Situationen im Anlagenumfeld zu erkennen und entsprechende Maßnahmen zur Verminderung der aktuell abgegebenen Geruchsfracht zu ergreifen.

Tab. 2: Mögliche Quellen für vermeidbare Geruchsemissionen

Anlagenteil	Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
Verkehrswege	Verunreinigungen	diffuse Geruchsemissionen	strikte Einhaltung des Reinigungsprogrammes (mindestens arbeitstäglich)
Bunker	geruchsintensive Anlieferung und/oder nasse Inputmaterialien	erhöhte Geruchsemission (auch in nachfolgenden Anlagenteilen)	Verkürzung des Abfuhrintervalls (Bioabfälle), bevorzugte und schnelle Verarbeitung (z. B. Markt- und Gastronomieabfälle)
	längere Zwischenlagerung von Abfällen (z. B. wegen Anlagenstillstand)	erhöhte Geruchsemission (auch in nachfolgenden Anlagenteilen)	Ausfallverbund mit anderen Werken, auf jeden Fall arbeitstägliche Leerung
	Presswässer aus Sammelfahrzeugen	erhöhte Geruchsemission im Bunkerbereich und auf Verkehrsflächen	separate Auffangeinrichtung für Fahrzeuge mit Presswassertank, regelmäßige Reinigung
	offene Tore	diffuse Geruchsemissionen	Automatiktüren (z.B. vom Radlader aus zu bedienen), Trennung von Annahmebereich und eigentlichem Bunker (Schleusenfunktion, v. a. bei Tiefbunkern praktikabel)
Grobaufbereitung	nasse Inputmaterialien	Verstopfungen, Presswässer etc., daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Ausreichender Strukturgutvorrat
	mangelhafte Materialübergabestellen	Materialaustritt aus dem Stofffluss, Verunreinigungen am Boden und auf Aggregaten, daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Umrüstung der fehlerhaften Anlagenteile
	geruchsintensive Reststoffe	erhöhte Geruchsemission aus den Reststoffbehältern	im Außenbereich Abdeckung oder generelle Aufstellung im abgesaugten Innenbereich
Rotte	Materialbewegungen bei ungünstiger Wetterlage/Windrichtung (offene Rotte)	erhöhte Geruchsemissionen in Richtung nahe gelegener Nachbarschaft	Umstellung des Betriebsablaufes
	mangelnder Rottefortschritt (z.B. Rottegrad IV wird nicht erreicht)	erhöhte Geruchsemissionen beim Materialaustrag, in der Feinaufbereitung und im Lager	Optimierung des Rottebetriebes, evtl. Senkung des Durchsatzes bzw. Vergrößerung der Rottekapazität
	nachlässiger Umgang mit emissionsmindernden Maßnahmen (z. B. Abdeckungen offener Mieten nach dem Umsetzen)	stark erhöhte Geruchsemissionen	Optimierung des Betriebsablaufes

Anlagenteil	Probleme	Folgen	mögliche Abhilfen
Feinaufbereitung	mangelhafte Materialübergabestellen	Materialaustritt aus dem Stofffluss, Verunreinigungen am Boden und auf Aggregaten, daraus resultierend erhöhte Geruchsemissionen	Umrüstung der fehlerhaften Anlagenteile
	geruchsintensive Reststoffe (v. a. bei Frischkompost)	erhöhte Geruchsemission aus den Reststoffbehältern	im Außenbereich Abdeckung oder generelle Aufstellung im abgesaugten Innenbereich
	nicht ausgerottetes Kompostmaterial	erhöhte Geruchsemissionen	Optimierung des Rottebetriebes, evtl. Senkung des Durchsatzes bzw. Vergrößerung der Rottekapazität
Lager	Verladung im Freien	erhöhte Geruchsemissionen (v. a. bei Frischkompost)	Einhausung des Anlagenteils oder Einsatz von Abwurfschläuchen
	nicht bewirtschaftete Lagermieten	erneute Selbsterhitzung des Kompostes, erhöhte Geruchsemissionen bei Materialbewegungen	Umstellung des Betriebsablaufes (z. B. regelmäßiges Umsetzen, Begrenzung der Mietenhöhe, Belüftung der Lagermieten etc.)
	mangelnde Kapazität	erhöhte Geruchsemissionen	Auslagerung überschüssiger Mengen, Erweiterung des Lagers
alle	zu hoher Durchsatz	absinkender Rottegrad, Überlastung aller Anlagenteile, erhöhte Geruchsemissionen	strikte Begrenzung der verarbeiteten Tagesmenge, evtl. Ausfallverbund mit anderen Werken
	mangelnde Sauberkeit	Entstehung diffuser Geruchsquellen	strikte Einhaltung des Reinigungsprogrammes (mindestens arbeitstäglich)
	Zeitmangel, Personalmangel	unpräzise Arbeitsweise, mangelhafte Kontrolle und Wartung, daher erhöhte Geruchsemissionen	Durchsatzbegrenzung, mehr Personal
	schlechtes Luftmanagement	zu große Abluftströme, daher Steigerung der emittierten Geruchsfracht	strikte Einhaltung der entsprechenden Vorgaben, evtl. Umrüstung bzw. Optimierung der Lüftungsanlage
	mangelhaftes Störfallmanagement	länger als nötig andauernde Ausfälle von Anlagenteilen	eindeutige Betriebsanweisungen für Störfälle und entsprechende Unterweisung des Personals
	offenstehende Türen und Tore in geschlossen konzipierten Anlagen	Entstehung diffuser Geruchsquellen	strikte Einhaltung der entsprechenden Vorgaben, evtl. Umrüstung der Tore auf Automatikbetrieb mit Fernsteuerung, zentrale Überwachung aller Tore und Türen (Schließmelder)

3 Immissionsreduzierte Anlagensteuerung (IRAS)

3.1 Problemdarstellung und Zielsetzung

Die Immissionssituation im Umfeld einer Kompostanlage wird in der Hauptsache durch drei Größen bestimmt:

- Quellstärke des Werkes
- Meteorologie am Anlagenstandort
- Gebäudeanordnung und Topografie.

Insbesondere bei Schwachwind-Wetterlagen mit stabiler atmosphärischer Schichtung (AK-Klasse I und II nach KLUG/MANIER) ergeben sich leeseitig Immissionsprobleme. Das heißt, die Häufigkeit wahrnehmbarer Gerüche wird vorwiegend von diesen Wetterlagen bestimmt.

Liegen Kompostwerke an geruchssensiblen Standorten, wie

- in nächster Nähe von Beschwerdeführern
- in ebenem Terrain mit wenig Strömungshindernissen, Vegetation etc.

so ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass es bei austauscharmen Wetterlagen zu Geruchsbeschwerden kommt, selbst wenn in der Anlage keine nennenswerten Betriebsstörungen auftreten. Abbildung 1 zeigt als Beispiel für einen realen Standort eine besondere Häufigkeit von Schwachwind-Wetterlagen im Bereich der Nord-Süd-Achse.

Nach Abbildung 2 werden die Bereiche in Nord- und Südrichtung vom Anlagenstandort überproportional stark belastet. Liegt in einem dieser Bereiche z. B. ein Wohngebiet, wäre die gängige Konsequenz, die technische Ausrüstung des Werkes durch zusätzliche Abluftreinigungseinrichtungen zu verstärken. Solche Maßnahmen sind bekanntlich sehr aufwändig und kostspielig. Kennzeichnend für den betrachteten Standort ist, dass im übrigen Umfeld die Geruchsimmissionen durchaus tolerabel sind und prinzipiell eine Reduzierung der Quellstärke nur für den betroffenen Sektor notwendig ist.

Als erwartetes Resultat der meteorologie-gesteuerten Betriebsführung sollte sich eine Änderung des Immissionsprofils ergeben, wie es in Abbildung 3 schematisch dargestellt ist. Es handelt sich um eine *Verlagerung* der Immissionen vom bewohnten Bereich in unbewohnte, unkritische Gebiete. Die für den immissionskritischen Zeitraum kurzzeitig ausgesetzten oder geänderten Betriebsaktivitäten müssen nach- oder vorgearbeitet werden.

Die Gesamtemission über einen längeren Zeitraum ist bei einer meteorologiegesteuerten Anlage dieselbe wie bei einer „normalen“ Anlage, nur dass eben das Immissionsprofil im Umfeld der Anlage verändert werden kann. Das Konzept dieser reinen Verlagerung ist legitimiert durch die Tatsache, dass die auf Feld, Wald und Wiese „verschobenen“ Gerüche und Keime dort keinen Schaden anrichten – Gerüche gehen ins Leere, Keime werden durch die Bodenökologie eliminiert; bei „echten“ Schadstoffen wie z. B. SO₂, NO_x, AOX o. ä. wäre dieser Ansatz unhaltbar.

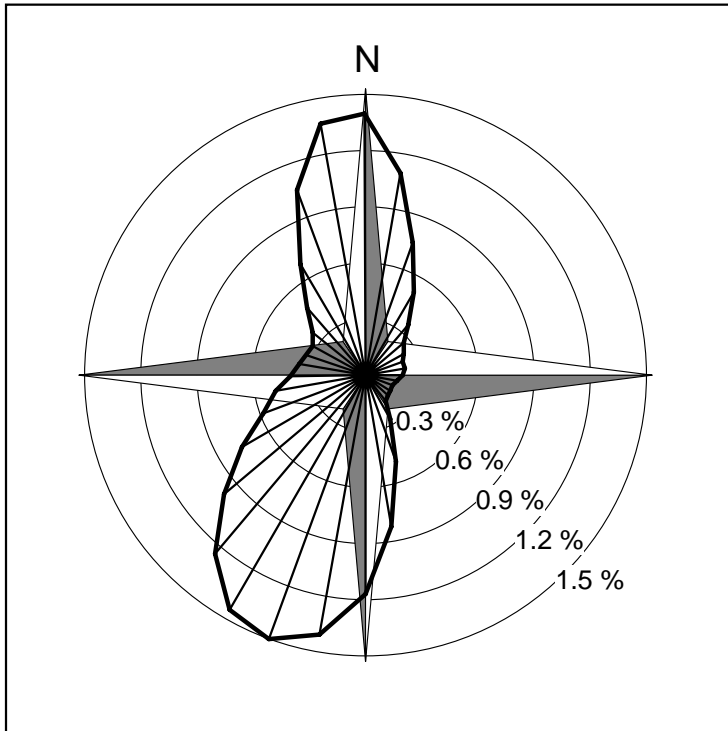
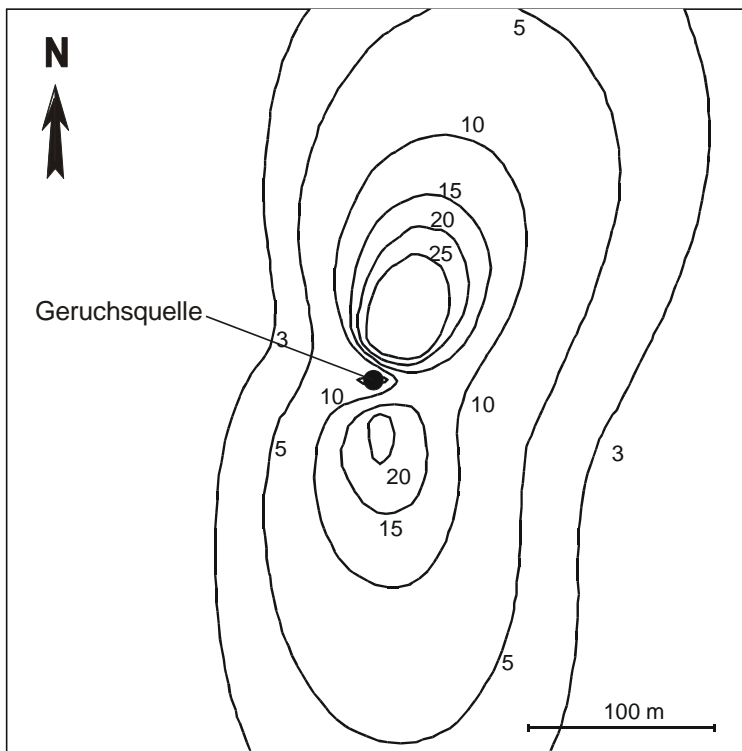


Abb. 1: Windverteilung für die austauscharmen Stabilitätsklassen I und II und niedrige Windgeschwindigkeiten (< 2 m/s) an einem geplanten Standort für ein Kompostwerk mit starker Vorzugsrichtung aus Nord/Süd



Geruchshäufigkeit [%]

Abb. 2 : Isolinien gleicher Geruchshäufigkeit im Umfeld der Anlage unter den in Abb. 1 gezeigten meteorologischen Verhältnissen

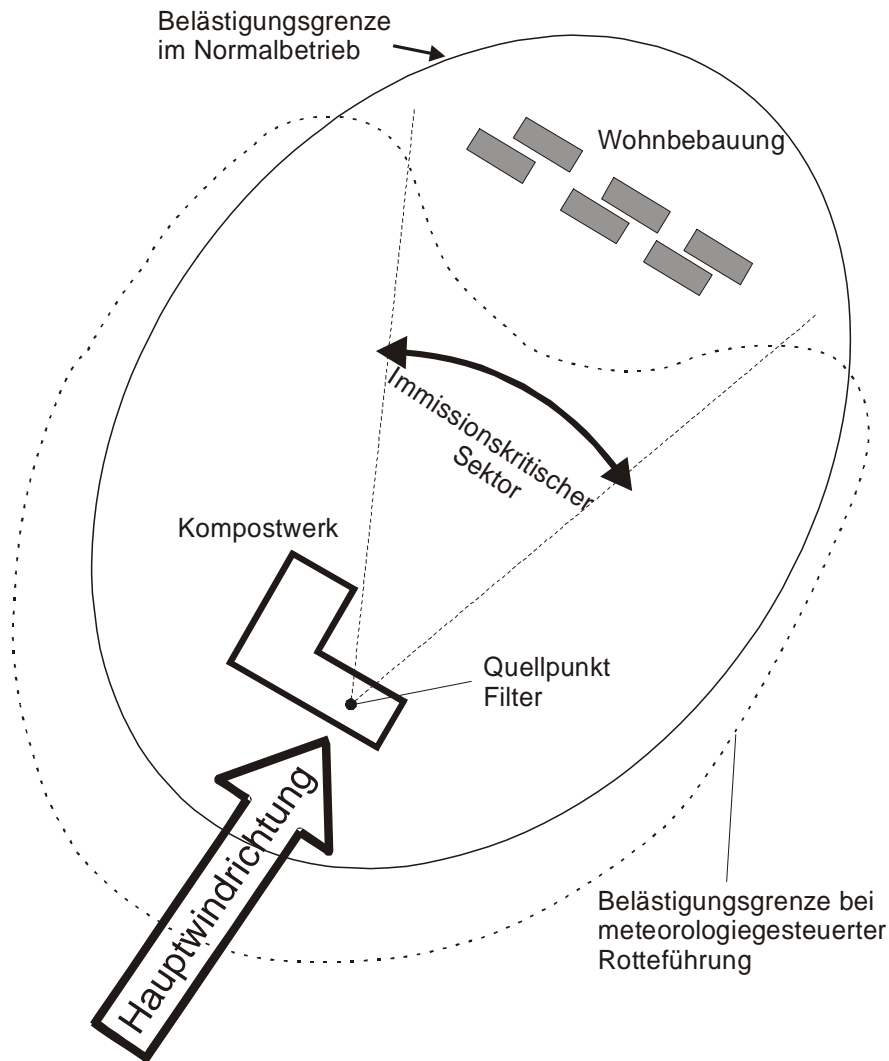


Abb. 3: Zielzustand einer meteorologiegesteuerten Rotteführung

Die Zielsetzung der immissionsreduzierten Anlagensteuerung IRAS ist als Teilmaßnahme einer verbesserten *Betriebsführung* im Sinne der „Besten Verfügbaren Technik“ nach der IVU-Richtlinie zu verstehen, die eine zusätzliche, spürbare Reduzierung von Geruchs- und Keimfrachten nur für den Bedarfsfall vorsieht. Damit sollen zusätzliche Investitionsmaßnahmen im Bereich der Verbesserung der Abluftreinigungstechnik, die in der Regel in Millionenhöhe liegen, bewusst vermieden werden. Durch eine Abluftreinigungseinrichtung werden allgemein die Immissionen vermindert, d. h. hier für ein Anlagenumfeld, das zu 80 - 90 % unbebaut ist und in dem eigentlich keine Reduzierung erforderlich ist. – Das Ziel der immissionsreduzierten Anlagensteuerung IRAS lässt sich somit wie folgt konzipieren beschreiben:

Bei kritischen Ausbreitungssituationen ist die Quellstärke des Werkes vorübergehend zu reduzieren.

3.2 Grundlegendes Konzept

3.2.1 Hintergrund bei abluftkontrollierten Anlagen

Die meisten der derzeit installierten und geplanten abluftkontrollierten Rotteanlagen arbeiten mit einer Zwangsbelüftung des Materials. Dies ist zwingende Voraussetzung einerseits für die kontinuierliche Wärmeabfuhr aus dem Material, andererseits für die stabile Sauerstoffversorgung. Beides sind wichtige Größen, um sowohl Überhitzung des Rottegutes als auch die Ausbildung anaerober Zonen und damit geruchsintensiver Prozesse zu vermeiden. Nach Erfahrungswerten liegt der zur Temperaturstabilisierung notwendige Luftbedarf um den Faktor 8 - 10 über dem zur Stabilisierung aerober Verhältnisse erforderlichen Luftvolumen.

Bei der geschilderten Durchlüftung des Rottegutes treten unvermeidlich Geruchsstoffe in der abzuleitenden Abluft auf. Es sind dies flüchtige „Bruchstücke“ aus der mikrobiellen Zersetzung der Rohstoffe (Zellulose, Polysaccharide, Fette, Eiweißverbindungen etc.), die mit der durchströmenden Luft ausgetragen werden. Aus mikrobiologischen Untersuchungen ist bekannt, dass neben Gerüchen in nennenswertem Ausmaß auch Keime und Pilzsporen emittiert werden.

In geschlossenen Anlagen bzw. Anlagenteilen erfordert die Belastung der Abluft wiederum deren Filterung, die trotz hoher Wirkungsgrade von über 95 % bezogen auf Gerüche immer noch Restemissionen aufweist. Auch die Restemissionen können noch Belästigungen verursachen, wie in Abbildung 4 angedeutet ist. – Wird die Luftzufuhr in das Rottegut zeitweise reduziert, sinkt damit auch der Austrag von Geruchsstoffen und die Filteremission. Durch die verlängerte abbauwirksame Aufenthaltszeit der geruchsstoffbeladenen Abluft in der biologisch aktiven Filtermatrix sinkt neben dem reduzierten Volumenstrom auch die Quellenkonzentration. Beides hat eine erhebliche Minderung des Emissionsmassenstromes zur Folge, der als Produkt des Volumenstromes und der Quellenkonzentration definiert ist.

3.2.2 Hintergrund bei offenen Anlagen

Bei offen bzw. nur teilweise eingehausten konzipierten Anlagen treten emissionskritische Zustände regelmäßig dann auf, wenn biologisch aktives Material bewegt wird. Regelmäßiges Umsetzen der Kompostmieten ist z. B. bei unbelüfteten Mieten unerlässlich, um die Sauerstoffversorgung und die Durchmischung des Rottegutes zu verbessern. Aber auch belüftete offene Mieten müssen regelmäßig umgesetzt werden, um die Hygienisierung des Kompostes zu gewährleisten.

Im Gegensatz zu geschlossenen Anlagenteilen mit nachgeschalteter Abluftreinigung ist bei offener Betriebsweise eine Absenkung der Emissionen im Wesentlichen nur durch Unterlassung emissionskräftiger Arbeitsschritte bzw. durch Abdeckung kritischer Oberflächen zu erreichen. Einzig bei belüfteten Mieten kann der Emissionsmassenstrom auch durch eine Drosselung der Luftmenge abgesenkt werden.

3.2.3 Ermittlung der immissionskritischen Zustände

Immissionskritische Zustände sind als Funktion der Stabilität der Atmosphäre und der daraus resultierenden Reichweite der emittierten Frachten von Gerüchen, Keimen und Pilzsporen anzusehen. Eine Erfassung immissionskritischer Zustände ist mit den bisher auf Kompostierungsanlagen verwendeten Wetterstationen nur bedingt möglich, da lediglich Windrichtung und -geschwindigkeit registriert werden.

Die Wetterstation signalisiert abhängig vom Differenzierungsgrad die folgenden Anteile der Jahresstunden als „kritische“ Situationen:

- | | |
|---------------------------------------|---------------|
| a) nur Windrichtungsanzeige: | ca. 30 - 40 % |
| b) Windrichtung und -geschwindigkeit: | ca. 15 - 25 % |

Auch die Anzeige geringer Windgeschwindigkeiten kennzeichnet noch nicht hinreichend das tatsächliche Immissionsrisiko, da die *Stabilität der Atmosphäre* nicht mit erfasst wird. Die von einfachen Wetterwarten angezeigten „Warnhinweise“ sind also zu grob und zu häufig, als dass der Werksbetrieb organisatorisch und technisch konsequent darauf reagieren könnte.

Die Verwendung eines *Ultraschallanemometers*, das auch die Stabilität der Atmosphäre erfasst, reduziert diese Ereignisse auf den für unsere Breiten typischen Bereich von 5 - 10 %. Damit ist die Voraussetzung gegeben, entsprechende Handlungsanweisungen zur Reduzierung der Geruchs- bzw. Keimemissionen zu erteilen bzw. diese automatisch auszulösen. Zur Ermittlung der immissionskritischen Zustände wird das Winddatenerfassungssystem und Online-Geruchsausbreitungsprogramm *OdorSonic* verwendet. Da dieses System vor Ort unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten kalibrierfähig ist, können damit auch kritische Ausbreitungssituationen auf der Grundlage anlagenspezifischer Betriebszustände sicher erkannt werden.

3.2.4 Erfassung der immissionskritischen Wetterlagen

Meteorologische Messstationen, zumindest in ihren einfachsten, meist mangelhaften Ausführungen, gehören inzwischen zur Grundausstattung von Abfallbehandlungsanlagen. Bei der Auswahl und Aufstellung einer meteorologischen Messstation am Standort der Anlage sind allerdings Anforderungen zu beachten, von deren Einhaltung in hohem Maße die Qualität der Messdaten abhängt. So müssen nicht nur die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit (Schwachwindlagen!) mit großer Genauigkeit erfasst und registriert werden, darüber hinaus ist auch die Messung von Turbulenzgrößen dringend geboten, aus denen sich für die Ausbreitungsrechnung wichtige atmosphärische Stabilitätsparameter ableiten lassen.

Die sichere Immissionsberechnung insbesondere für austauscharme Ausbreitungssituationen basiert auf dem Einsatz eines Ultraschallanemometers, das neben dem 3dimensionalen Windvektor und der Lufttemperatur auch Informationen zum Turbulenzspektrum der Atmosphäre liefert. Damit können alle für die Ausbreitung von Geruchsstoffen wichtigen atmosphärischen Einflussgrößen automatisch gemessen und archiviert werden. Der Sensor, der über keine beweglichen Teile verfügt und unter extremen Bedingungen noch arbeitet, ist in Abbildung 4 dargestellt:

Das Messprinzip beruht auf dem Doppler-Effekt, wonach sich in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit eine Laufzeitänderung der ausgesandten Ultraschallimpulse ergibt. Durch die hohe zeitliche Auflösung (10 Hz bis 20 Hz) kann mit dem Ultraschallanemometer ein breiter Bereich unterschiedlich großer Wirbelstrukturen erfasst werden, die in ihrem Zusammenwirken den Turbulenzzustand der Atmosphäre kennzeichnen.

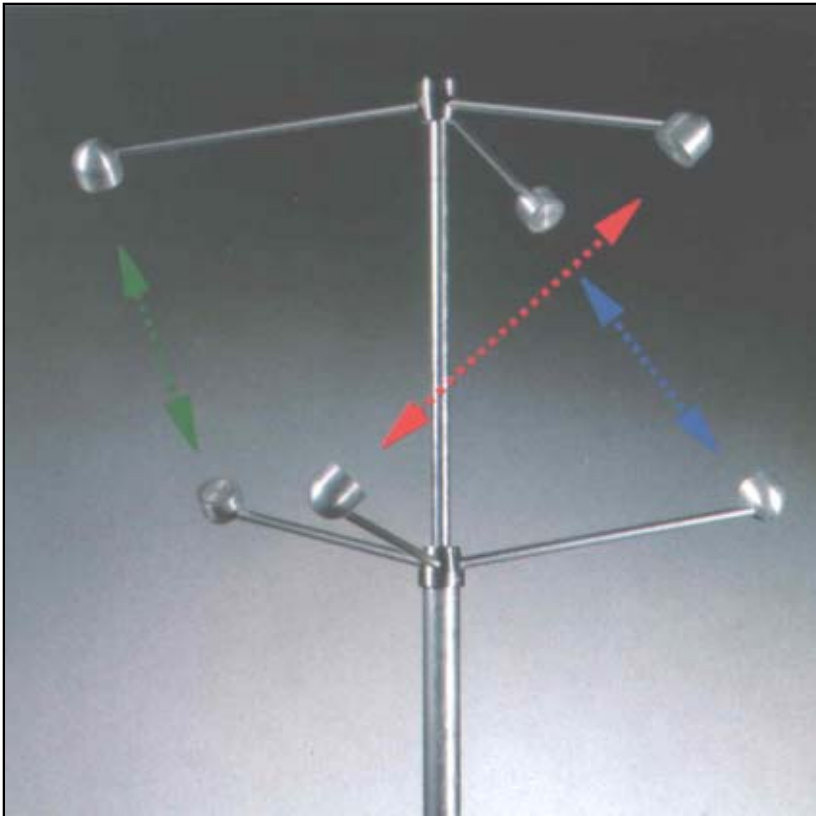


Abb. 4: Ultraschallanemometer zur Ermittlung der vertikalen und horizontalen Austauschparameter

3.2.5 Berechnung der Emissionsreichweite

Das System *OdorSonic* liefert eine Diagnose der Immissionssituation im Einwirkungsbereich der Anlage. Hierbei werden für frei wählbare Zeiträume die Immissionsverteilungen auf der Grundlage der erfassten meteorologischen Daten automatisch berechnet und grafisch dargestellt. Das System ist modular aufgebaut und kann ggf. für topografisch komplexere Standorte angepasst werden. Abbildung 5 zeigt exemplarisch das Immissionsfeld einer Geruchsfahne, wie sie sich vorzugsweise bei morgendlichen Inversionswetterlagen ausbildet.

Nach Auflösen der Inversion im Verlauf der ersten Stunden nach Sonnenaufgang erfolgt durch Sonneneinstrahlung ein Übergang zu stärkeren atmosphärischen Turbulenzen, welche die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen entscheidend verändern und damit die Geruchsreichweite signifikant verkürzen (Abb. 6). Der Vergleich der Abbildungen 5 und 6 zeigt daneben sehr deutlich, dass die Aufnahme von Windrichtung und -geschwindigkeit allein nicht ausreicht, um einen immissionskritischen Zustand als solchen zu identifizieren.

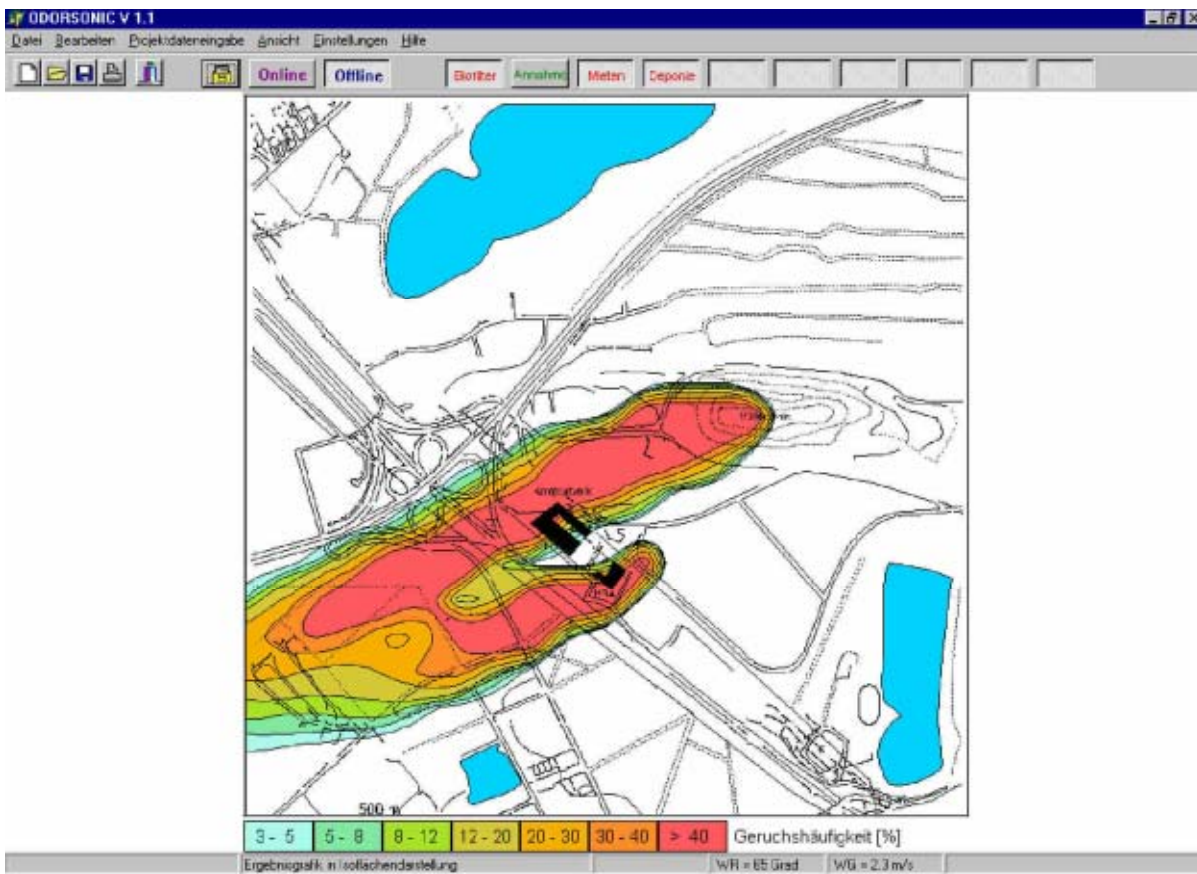


Abb. 5: Geruchsfahne bei stabiler Schichtung der Atmosphäre

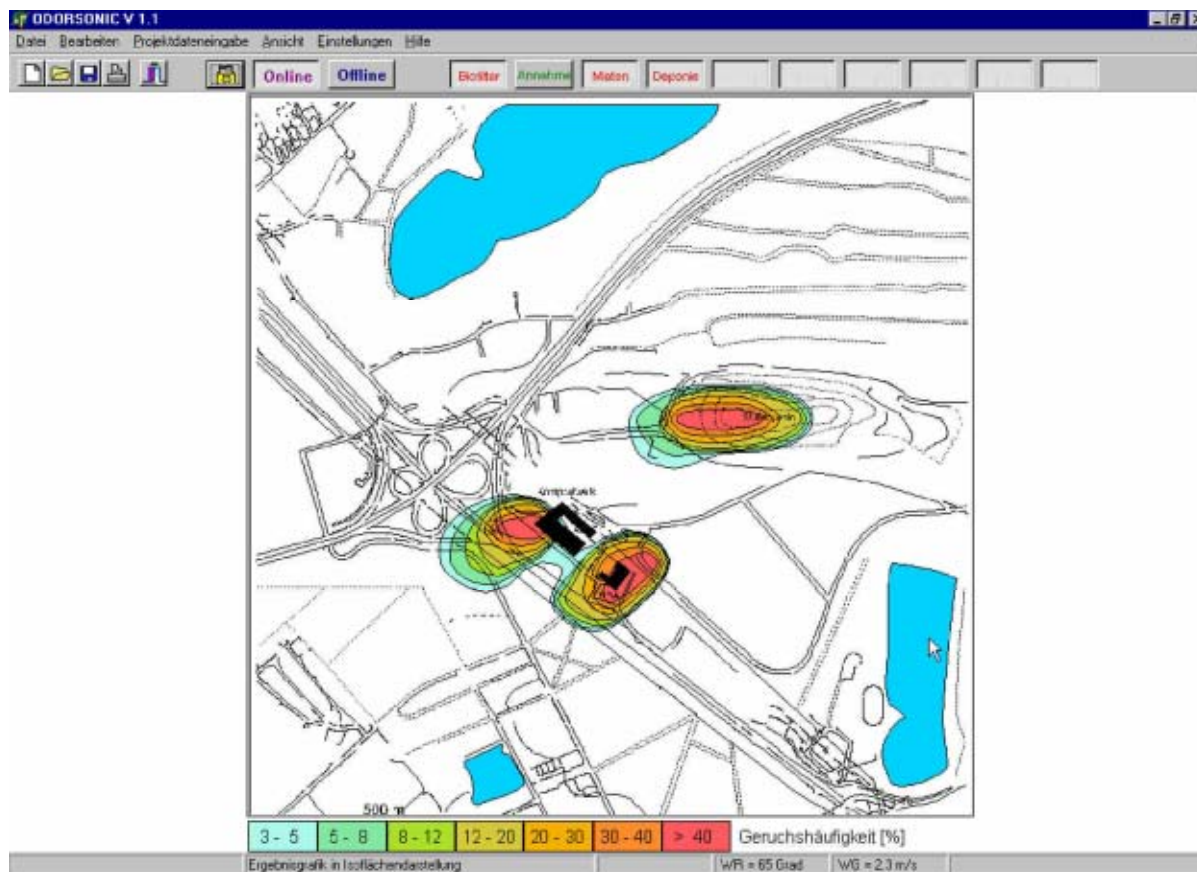


Abb. 6: Geruchsfahne bei labiler Schichtung der Atmosphäre

3.3 Ausführung und Betrieb vor Ort

Mit dem System *OdorSonic* werden am Anlagenstandort mit industriell-wissenschaftlicher Datenqualität Wind- und atmosphärische Turbulenzdaten sowie Lufttemperatur und ggf. weitere meteorologische Größen gemessen und über die serielle Schnittstelle in einen Messrechner (PC) eingelesen. Nach statistischer Auswertung der zeitlich hochaufgelösten Rohdaten werden 10-Minuten-Mittelwerte von

- Windrichtung
- horizontaler Windgeschwindigkeit
- Lufttemperatur
- Windgeschwindigkeitsfluktuationen
- weiteren Turbulenzgrößen (Schubspannungsgeschwindigkeit, vertikaler Wärmestrom etc.)

einerseits in eine meteorologische Datenbank eingespeist und andererseits an das Online Geruchsausbreitungsmodell bzw. -programm *OdorSonic* weitergeleitet (Abb. 7). Auf diese Weise können nicht nur kritische meteorologische Ausbreitungssituationen sofort erkannt und fortlaufend dokumentiert werden, sondern es lassen sich auch aktuelle belästigende Geruchsimmissionen im Einwirkungsbereich der Anlage erfassen.

Die Luftströmung wird durch ein *Ultraschallanemometer* erfasst und über ein Schnittstellenprogramm mit Windpfeilanzeige in eine Datenbank eingelesen. Mit den neuesten Winddaten wird dann in 10minütigen Abständen eine Ausbreitungsrechnung für den gegenwärtigen Betriebszustand der Anlage durchgeführt. Die Ergebnisse der Simulation werden sofort danach auf dem Bildschirm des Messrechners mit einer topographischen Karte des Anlagenumfeldes unterlegt dargestellt, so dass immissionskritische Zustände gleich erkannt werden können (Abb. 8).

Das Programmsystem *OdorSonic* verfügt über eine Meteorologie-Datenbank, in der die gemessenen Wind- und Turbulenzgrößen abgespeichert werden. Auf der Grundlage der registrierten Messdaten können damit für zurückliegende Zeiträume meteorologische Daten und die entsprechenden Immissionsfelder dargestellt werden, um die Plausibilität von Beschwerden zu überprüfen und der zuständigen Kontrollbehörde gegenüber zu dokumentieren.

Weiterhin sind statistische Auswertungen möglich, um Aussagen über Auftretshäufigkeiten und typische Zeiten immissionskritischer Zustände zu erhalten. So lassen sich z. B. Informationen in folgender Form gewinnen:

Erhöhtes Auftreten von kritischen Ausbreitungssituationen in den Monaten a, b und c bevorzugt im Zeitraum von x bis y Uhr.

Des Weiteren können mit der ein- oder mehrjährigen meteorologischen Datenbasis Korrelationen zwischen den Anwohnerbeschwerden und der Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeit und Turbulenzintensität festgestellt werden, die weiterführend dazu beitragen, die Beschwerdesituationen einzuordnen und zu entschärfen. Nicht zuletzt lässt sich mit der standortbezogenen meteorologischen Statistik eine Immissionsprognose für den Einwirkungsbereich der Anlage erstellen, deren Aussagesicherheit gegenüber den üblicherweise verwendeten Ausbreitungsklassenstatistiken mit weit entlegenem Erhebungsort deutlich höher ist.

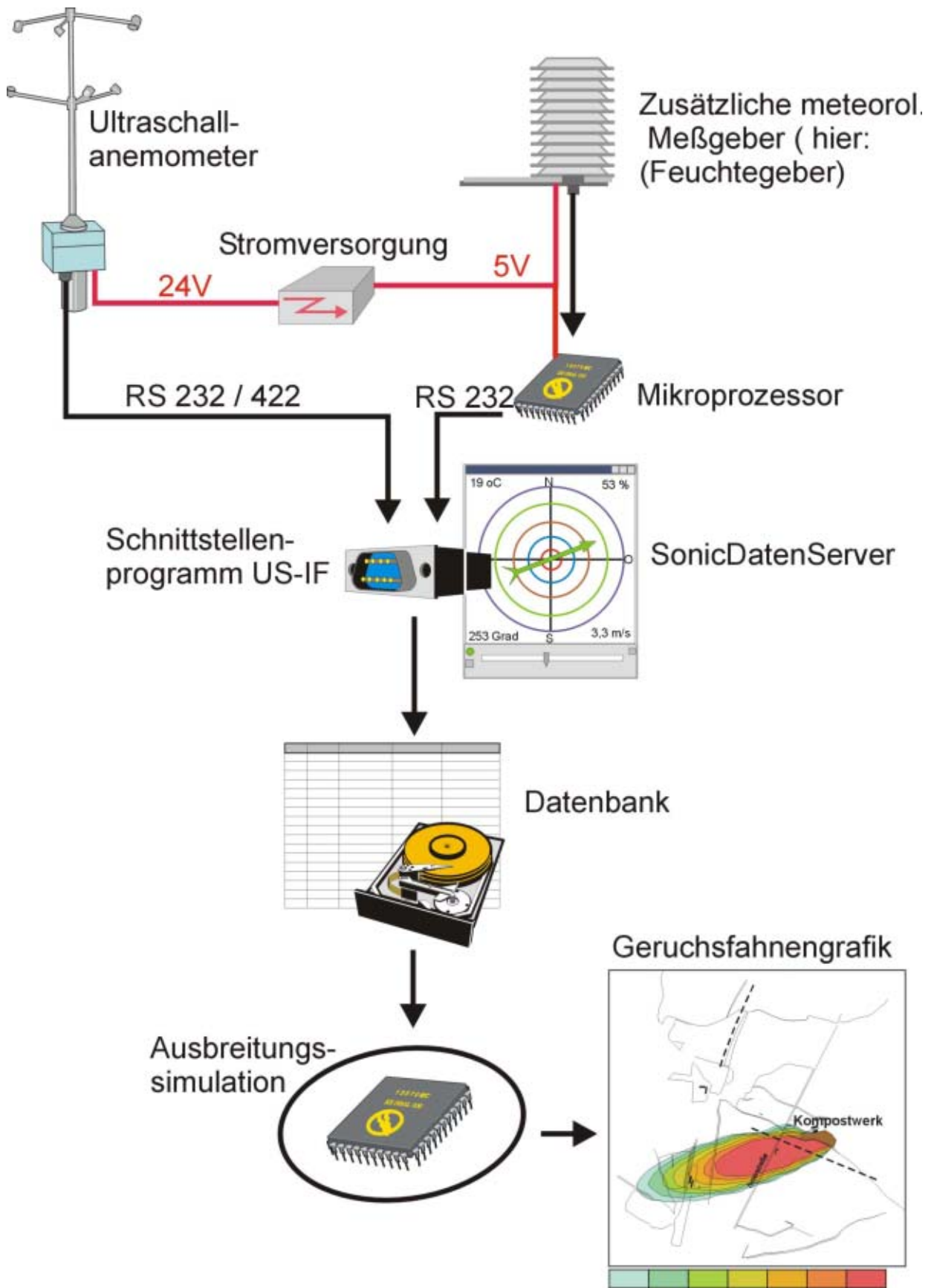


Abb.7: Schematischer Aufbau des Mess- und Simulationssystems *OdorSonic*

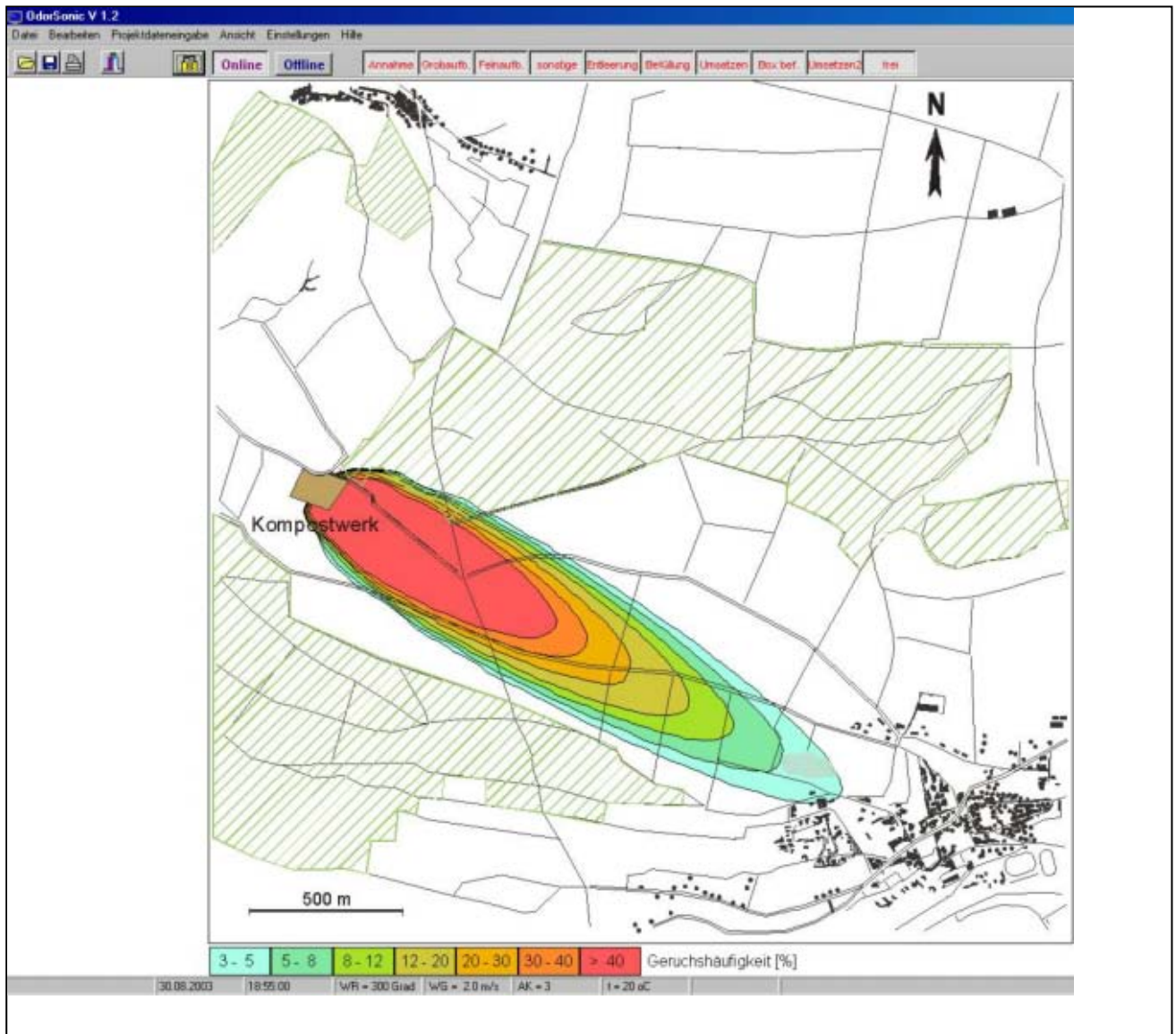


Abb. 8: Screenshot des Online-Simulationsprogramms *OdorSonic*. Richtung und Reichweite einer Abluftfahne werden vor dem Hintergrund des Anlagenumfeldes 10minütig aktualisiert und grafisch dargestellt

3.4 Kalibrierung von *OdorSonic*

Wie gut das System *OdorSonic* die tatsächlich vor Ort anzutreffenden Geruchsimmissionen wiederzugeben in der Lage ist, kann letzten Endes nur durch einen direkten Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Geruchshäufigkeiten oder -intensitäten festgestellt werden. Dazu lassen sich einerseits von unplausiblen Angaben bereinigte Beschwerdeprotokolle der von den Geruchsbelästigungen betroffenen Anwohner verwenden; andererseits werden Geruchsfahnenbegehungen dazu herangezogen, die Reichweite und das Ausmaß der anlagenbedingten Geruchsimmissionen zu ermitteln.

Fahnenbegehungen haben neben der wesentlich größeren Objektivität im Vergleich mit den Beschwerdeprotokollen den Vorteil, dass sie planmäßig bei definierten meteorologischen Randbedingungen in Verbindung mit bestimmten Betriebszuständen der Kompostanlage durchgeführt werden können.

Anders als bei Schadgasen und Mikroorganismen lässt sich für Geruchsstoffe der menschliche (Geruchs)sinn unmittelbar als „Messinstrument“ einsetzen. Die belästigende Wirkung anlagenbedingter Gerüche wird ja an beurteilungsrelevanten Immissionsorten im Bereich der umliegenden Wohnbebauung grundsätzlich auf gleiche Art festgestellt wie bei Geruchsfahnenbegehungen unter definierten Randbedingungen. Für eine Beurteilung der Geruchsbelästigung sind immer die statistisch gemittelten Feststellungen von Geruchshäufigkeit und -intensität durch Probandengruppen maßgeblich. Das entspricht unmittelbar der Definition des Geruchsschwellenwertes: Die Geruchsschwelle ist als diejenige Geruchsstoffkonzentration definiert, bei deren Darbietung von 50 % einer Testpersonengruppe (Grundgesamtheit) Gerüche wahrgenommen werden. Sie ist definitionsgemäß mit 1 GE/m³ belegt und wird auch als „Wahrnehmungsschwelle“ bezeichnet.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden im Umfeld einer bayerischen Kompostanlage mit einem Jahresdurchsatz von ca. 15.000 Mg Bioabfällen eine Reihe von Geruchsfahnenbegehungen durchgeführt. Die Fahnenbegehungen fanden in der Zeit vom 7. März 2001 bis zum 27. Juli 2001 bei unterschiedlichen Wetterlagen und Betriebszuständen statt. Sieben Probanden, deren Standorte mit einem GPS-Detektor festgehalten wurden, registrierten nach der aufintegrierenden Methode ihre Geruchswahrnehmungen über einen Begehungszeitraum von jeweils 10 Minuten. Die zu den Begehungsdaten gehörigen zeitgleichen Wind- und Turbulenzdaten wurden der Datenbank der auf dem Anlagengelände installierten Wetterstation *OdorSonic* entnommen. In einigen Fällen ist mit einem weiteren Ultraschallanemometer zusätzlich in der Nähe der Begehungsstandorte der Wind gemessen worden. Auf der Grundlage der meteorologischen und geometrischen Randbedingungen (Wind-/Turbulenzmesswerte, Koordinaten der Begehungsstandorte und der Geruchsquellen etc.) konnte ausgehend von den Begehungsdaten durch Rückrechnung der Betriebszustand-abhängige Geruchsstoffstrom bestimmt werden. Die Güte des Verfahrens zeigt sich in einer direkten Gegenüberstellung der beobachteten und der berechneten Geruchshäufigkeiten (Abb. 9).

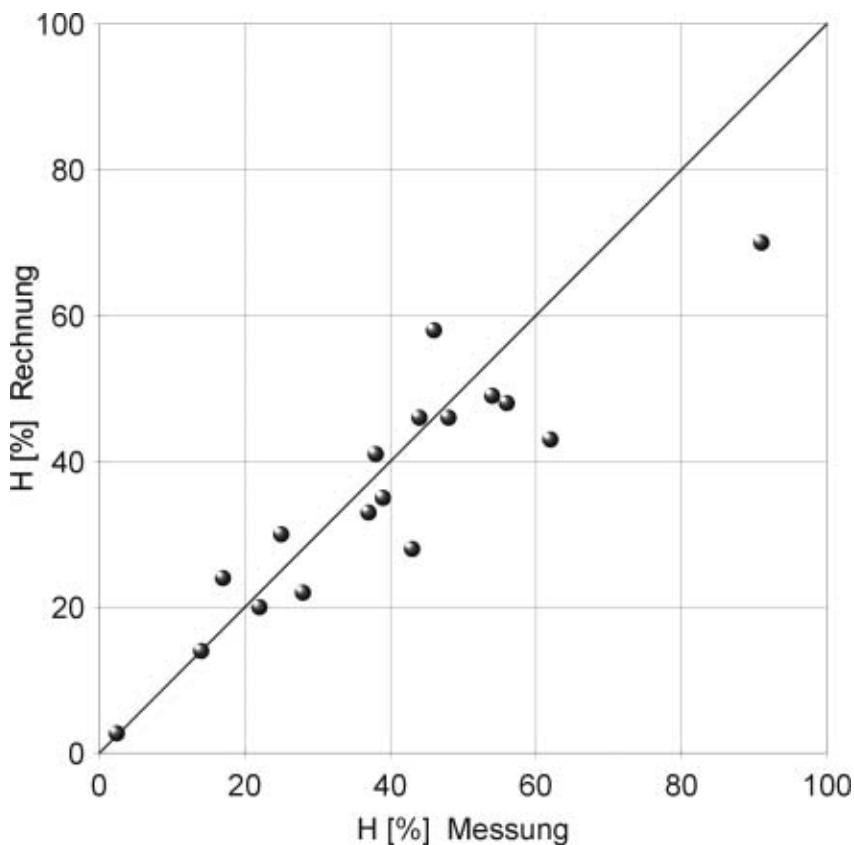


Abb. 9: Berechnete und gemessene Überschreitungshäufigkeiten der Geruchsschwelle. Ergebnisse der Modellsimulation im Vergleich mit Begehungsdaten für das Umfeld einer Kompostanlage

4 Zusammenfassung

Nicht selten weisen Immissionsprognosen im Genehmigungsverfahren für Abfallbehandlungsanlagen die Einhaltung der jeweils gültigen Grenzwerte aus. Später aber, nach der Errichtung und Inbetriebnahme der Anlage, werden Beschwerden über unzumutbare Geruchsbelästigungen wie auch Mutmaßungen über hohe Keimkonzentrationen im Bereich der umliegenden Wohnbebauung laut. Dabei muss der Betreiber einer Anlage durchaus nicht untätig zusehen, wie bei ungünstigen Wetterlagen verbunden mit hohen Emissionsstärken die Beschwerdesituation heraufbeschworen wird. Er hat Steuerungsmöglichkeiten, mit denen er gezielt und auch kurzfristig in die Betriebsführung seiner Anlage eingreifen kann.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass er zuvor verlässliche Informationen über die zu erwartenden kritischen Immissionssituationen erhält, um rechtzeitig Maßnahmen zur Reduzierung oder zur lokalen Änderung der Emissionen treffen zu können. Solche Maßnahmen stehen durchaus im Einklang mit der „besten verfügbaren Technik“, wie sie als Forderung in der IVU-Richtlinie der EU aufgestellt ist. Eine beste verfügbare Technik muss sich nicht notwendigerweise auf die Kapselung von geruchsträchtigen Anlagenteilen mit nachgeschalteter Abluftreinigung beschränken. Unter dem in der IVU-Richtlinie an gleicher Stelle genannten Kriterium der Verhältnismäßigkeit der einzusetzenden Technik gewinnen gerade zeitweise immissionsreduzierende Maßnahmen als kostengünstige Alternative zur Einhausung an Bedeutung.

Aufwendungen zur nahezu vollständigen Reduzierung der Geruchs- und Keimfrachten aus Kompostwerken mit kritischen Standorten sind häufig unnötig, in jedem Fall aber unwirtschaftlich. Dies gilt für die meisten Kompostwerke im Randbereich von Siedlungen, bei denen der immissionsproblematische Sektor nur 20 - 35 % des Anlagenumfeldes ausmacht. Ein dauerhaft beschwerdefreier und wirtschaftlicher Betrieb kann hier durch die kurzzeitige Reduzierung der Anlagenemission während austauscharmer und damit immissionskritischer Ausbreitungssituationen in dem „sensiblen“ Sektor des Anlagenumfeldes realisiert werden.

Die Immissionsreduzierte Anlagensteuerung IRAS bietet ein Konzept zur organisatorischen und technischen Ausführung. Dabei werden auf der Basis des Prognosesystems *OdorSonic* z. B. Eingriffe in das Belüftungsmanagement des Rottematerials vorgenommen, so dass während der austauscharmen Ausbreitungssituationen durch gezielte Reduzierung des Lüftungsvolumens die Emissionsstärke vorübergehend gemindert wird. Andere Maßnahmen, wie z. B. die zeitliche Verlagerung emissionsstarker Betriebsabläufe (Umsetzvorgänge bei offenen Mieten) dienen dem selben Zweck.

Mit solchen emissionsseitigen Maßnahmen lässt sich der Geruchsbelästigung an besonders kritischen Immissionsorten im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen wirksam begegnen. Der Betriebsleitung werden mit Hilfe der Daten aus dem System *OdorSonic* erstmals verlässliche Informationen über die jeweils aktuelle Reichweite der Geruchsfahne bzw. der Immissionsstärke ihrer Anlage an die Hand gegeben, die sie zu einer kurzfristigen Reduzierung der Emissionen und damit zur Minderung der Immissionsbelastung befähigt.

Obgleich das System *OdorSonic* wie der Name schon sagt vorzugsweise für die Geruchsausbreitungssimulation entwickelt wurde, lässt es sich auch für andere luftgetragene Spurenstoffe wie Schadgase, Stäube oder Mikroorganismen mit den jeweils nötigen Modifikationen verwenden. Die Physik der Ausbreitungsvorgänge bleibt schließlich dieselbe. Im einfachsten Fall wird zur Ausbreitungssimulation mit *OdorSonic* ein Gaußsches Abgasfahnenmodell verwendet; es lassen sich jedoch auch komplexere Modelltypen in das System integrieren, die im Falle eines stark gegliederten Anlagenumfeldes auf vorberechnete Windfelder zugreifen. Die Konzentrationsfluktuationen

bzw. Überschreitungshäufigkeiten werden mit einem nachgeschalteten statistischen Modellansatz berechnet, der sich u. a. auf Messungen von Tracerkonzentrationen im Naturmaßstab stützt.

Das System der Immissionsreduzierten Anlagensteuerung (IRAS) ist an mehreren Standorten in der Bundesrepublik Deutschland wie auch im Ausland in Betrieb. Im letzten Jahr hat die dänische Firma RAMBØLL Consult die exklusiven Rechte zum Vertrieb des Systems *OdorSonic* in den skandinavischen Ländern erworben.

Die Akzeptanz des Konzeptes der Immissionsreduzierten Anlagensteuerung IRAS durch Anwohner und Behörden liegt einerseits an der Transparenz und Anschaulichkeit des Systems; andererseits ist sie auch dadurch begründet, dass in nicht wenigen Fällen die betreffende Anlage als Störquelle aufgrund der meteorologischen Messdaten definitiv ausgeschlossen werden kann; im Regelfall führt das zu einen Rückgang der Beschwerden. Gelegentlich lassen sich auch mit Hilfe dieses Ausschlussprinzips bislang unentdeckt gebliebene (Geruchs)quellen auffinden, die mit der betreffenden Anlage in keinem betrieblichen Zusammenhang stehen.

Literaturauswahl

ANONYM (2002)

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft vom 24. Juli 2002

ANONYM (2000)

Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 Umweltmeteorologie Atmosphärische Ausbreitungsmodell – Partikelmodell, September 2000

ANONYM (1996)

Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)

ANONYM (1993)

Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall – Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen) vom 14.05.1993

BIDLINGMAIER, W. und MÜSKEN, J. (1997)

Biotechnologische Verfahren zur Behandlung fester Abfallstoffe, in: Ottow, J. C. G., Bidlingmaier, W. (Hrsg.), Umweltbiotechnologie, G. Fischer Verlag, Stuttgart

LUNG, T. (1997)

Zur Technik der Begehungskalibrierung von Geruchsausbreitungsmodellen. KTBL Arbeitspapier 253. Oktober 1997, S. 56 - 65

LUNG, T. (2001)

IRAS – Immissionsreduzierte Anlagensteuerung. PC-gestütztes Instrument zur Charakterisierung von immissionsrelevanten Ausbreitungssituationen. In: Bioabfallkompostierung – Neue Entwicklungen und Lösungsmöglichkeiten zur Reduzierung von Geruchsemissionen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2001, S. 19 - 27

LUNG, T. et al. (2002)

Messung und Modellierung von Konzentrationsfluktuationen im Naturmaßstab. Agrartechnische Forschung 8, 2002 Heft 1, S. 5 - 15

MÜSKEN, J. (2000)

Bemessungsgrößen zur Erstellung von Emissionsprognosen für Geruchsstoffe aus Kompostierungsanlagen für Bioabfälle, Studienreihe Abfall Now, Band 20, Abfall Now e.V., Stuttgart

MÜSKEN, J. (2001)

Einfluss der Betriebsführung auf die Emissionscharakteristik einer Kompostanlage. In: Bioabfallkompostierung – Neue Entwicklungen und Lösungsmöglichkeiten zur Reduzierung von Geruchsemissionen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2001, S. 9 - 18

Bioaerosole – Quellen und Maßnahmen zur Reduzierung ***

***** Auszug aus dem VDI-Bericht 1885 ‚Neue Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität‘**

Volker Kummer, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Kurzfassung

In allen Arbeitsbereichen, bei denen mit organischem Material umgegangen wird, treten Emissionen von Staub, Gasen, Geruch, aber auch Bioaerosolen auf. Deshalb sind alle Entsorgungsanlagen, oder auch landwirtschaftliche Betriebe potenzielle Bioaerosolemittenten. Die Ausbreitung von Bioaerosolen aus Abfallbehandlungsanlagen und deren gesundheitliche Auswirkungen sind nach wie vor Gegenstand vieler Diskussionen.

Es werden organisatorische und technische Maßnahmen aufgezeigt, die eine Minderung der Bioaerosolemissionen bewirken können. Die erforderliche Reduzierung der Emissionen und die Wahl der mikrobiologischen Parameter sind standort- und anlagenbezogen zu prüfen.

Abstract

In every field of activity where organic material is being handled, emissions of dust, gases, odour as well as bioaerosols are bound to arise. Therefore, waste management plants or else agricultural enterprises are potential emissions sources of bioaerosols. The dispersion of bioaerosols from waste treatment plants and their health impacts are still the subject of numerous discussions. In the article on hand, organisational and technical measures for the mitigation of emissions of bioaerosols are pointed out. The required dimension of emission reduction and the choice of microbiological parameters have to be assessed with respect to location and plant type.

1 Einleitung

Die biotechnische Behandlung hat in den letzten 15 Jahren eine breite Anwendung in der Abfallwirtschaft gefunden. Dabei werden für die natürlich vorkommenden Mikroorganismen Lebensbedingungen eingestellt, bei denen sie ihre StoffwechsellLeistungen effizient erbringen können. Neben dem Vorteil der Nährstoffnutzung in natürlichen Kreisläufen kann die zielgerichtete Tätigkeit aber auch die Freisetzung von Bioaerosolen in das direkte Anlagenumfeld bedeuten.

Durch die Medien wurde das Thema öfters aufgegriffen, dabei aber auch Ängste bei Anwohnern entsprechender Anlagen gefördert, ohne differenziert auf Messmethodik, Probenahme, andere Quellen u. a. einzugehen und in die Bewertungen einzubeziehen. Aber auch im Rahmen von fachlichen Untersuchungen gab es unterschiedliche Bewertungen. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat das Thema im Umweltgutachten 2004 [1] aufgegriffen, auf die möglichen Gesundheitsrisiken hingewiesen und eine wirksame Reduzierung der Bioaerosolemissionen gefordert. Sowohl das Bundesimmissionsschutzgesetz als auch die Technische Anleitung Siedlungsabfall bieten hierfür im Rahmen der Genehmigungsverfahren Ansätze.

Bioaerosole – also Bakterien, Pilze und deren Stoffwechselprodukte (z. B. Endotoxine) – gehören zur Biosphäre des Menschen und sind Bestandteil der Umgebungsluft. Quellen sind die mikrobielle Zersetzung organischen Materials in allen natürlichen Prozessen bzw. die atmosphärische Ver-

driftung der Bioaerosole. Daneben gibt es eine Vielzahl von Prozessen, die in Verbindung mit menschlichem Wirtschaften zu erhöhten Emissionen führen. In der nachfolgenden Tabelle sind potenzielle anlagenbürtige Bioaerosolquellen zusammengefasst.

- *Entsorgungsanlagen*
Biotechnische Verwertungsanlagen
Restmüllvorbehandlungsanlagen (MBA)
Sortier- und Umladestationen
Deponien, Kläranlagen
- *Landwirtschaft*
Pflanzenproduktion und Tierhaltungsanlagen
- *Lebensmittelproduktion*
- *Sonstige Bereiche*
Papier- und Holzverarbeitung
Gärtnereien
Kühlanlagen

Mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz 1994 wurde eine Änderung der abfallwirtschaftlichen Zielsetzung von einer reinen Entsorgung- hin zu einer Kreislaufwirtschaft vollzogen. Die praktische Umsetzung erfolgt durch die zunehmende Separierung von Wertstoffen (Altpapier, Bioabfall, Altholz, Elektroschrott; s. z. B. [2]) beim Bürger, die Aufbereitung der Wertstoffe mittels optimierter Behandlungsverfahren sowie deren abschließender Verwertung. Die Bioabfallkompostierung und die mechanisch-biologische Abfallbehandlung sind somit zu einem wichtigen Bestandteil der Abfallwirtschaft geworden.

Der mikrobielle Abbau organischen Materials findet in Abfallbehandlungsanlagen besonders konzentriert statt. Deshalb sind aus Sicht des Arbeitsschutzes und der Umwelthygiene die Bioaerosolemissionen in Abfallbehandlungsanlagen von Bedeutung, auch wenn dies unter dem Aspekt möglicher Quellen nur einen kleinen Ausschnitt darstellt (s. Tabelle).

2 Vorgaben zur Ermittlung von Bioaerosolen mit Emissions- und Immissionsmessungen

2.1 Normierungsarbeiten

Um repräsentative und vergleichbare Daten erheben zu können, ist es unerlässlich, diese unter gleichen Voraussetzungen oder Konventionen zu ermitteln. Zu Emissions- und Immissionsmessungen liegen zahlreiche Erhebungen vor. Verbindliche Vorgaben bzw. Richtlinien werden allerdings z. z. erst erarbeitet. In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN wurde 1999 ein Gemeinschaftsausschuss „Bioaerosole und biologische Agenzien“ der Fachbereiche Umweltqualität und Messtechnik gegründet. Hiermit verbunden ist die Bildung von sieben Arbeitskreisen:

- Wirkung von mikrobiellen Luftverunreinigungen
- Planung von anlagenbezogenen Messungen mikrobieller Luftverunreinigungen
- Probenahme von Bioaerosolen/Biotestaerosolen
- luftgetragene Mikroorganismen und Viren
- MVOC, Endotoxine, Mycotoxine, Glucane
- Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen
- Ermittlung von Verfahrenskenngrößen

Ziel ist die Erarbeitung von VDI-Richtlinien, um eine einheitliche Vorgehensweise, eine Qualitätssicherung der Messergebnisse und damit auch verfahrenstechnische Beurteilungen zur Umsetzung gesetzlicher Vorgaben zu ermöglichen. Inzwischen liegen bereits verschiedene Richtlinien, z. B. VDI 4251, 4252, 4253 [3, 4, 5] zur Planung von Messungen und Probenahme bzw. Nachweis von Mikroorganismen vor.

Kontroverse Diskussionen über die medizinische Bewertung und vor allem der daraus abzuleitenden Konsequenzen zeigen die Bedeutung der Standardisierungsarbeit. Mit dem Beitrag zur Versachlichung wird der Verunsicherung bei Behörden, Anlagenbetreibern und Anwohnern entgegen gearbeitet.

2.2 Immissionsmessungen

Bisherige Arbeiten zeigen, dass die Messstrategie neben der Probenahmemethode starken Einfluss auf die Ergebnisse hat. Hierzu müssen Informationen zur Anlage (Betriebszustände, Quellenarten), Sekundär- und Störquellen im Umfeld der Anlage und meteorologische Daten eingebracht werden. Da sich die Bioaerosolemissionen fahnenartig verbreiten, hat sich zur Erfassung von Immissionswerten eine fächerartige Anordnung der Messpunkte bei gleichzeitiger LUV/LEE-Messung bewährt. Dies ermöglicht eine Aussage zum Anlageneinfluss im Vergleich zum Hintergrundwert [6].

Zur Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen mittels Fahnenmessungen liegt die VDI-Richtlinie 4251 [3] vor.

2.3 Emissionsmessungen

Biologische Abfallbehandlungsanlagen sind vielfältig in ihrer verfahrenstechnischen Ausgestaltung und dem Behandlungskonzept. Hinsichtlich möglicher Emissionen lassen sich

- Punktquellen (geführte Abluftquellen)
- aktive Flächenquellen (Biofilter, belüftete Mieten)
- passive Flächenquellen (Mieten ohne Belüftung, Infrastrukturflächen)
- diffuse Quellen (Anlieferverkehr, geöffnete Hallentore o. ä.)

unterscheiden. Emissionsmessungen müssen dies durch Messstrategie und Probenahme berücksichtigen. Viele in der Literatur dargestellte Daten zu Bioaerosolemissionen aus Kompostierungsanlagen sind allerdings emissionsquellennahe Immissionsmessungen. Bei einer Emissionsmessung muss dagegen die Ermittlung der Emissionsfracht am Übertritt der Abluft in die Atmosphäre erfolgen. Dazu sind nach dem jetzigen Erfahrungsstand Rohgas-/Reingas-Messungen nach VDI 2066 isokinetisch durchzuführen.

3 Emissionsquellen bei biotechnischen Behandlungsanlagen

Biotechnische Behandlungsanlagen sind vielfältig in ihrem Behandlungskonzept und in ihrer Ausgestaltung. Prinzipiell lassen sich die Anlagen in

- offene Anlagen
Kompostierung erfolgt mit Mieten, mit oder ohne Belüftung, evtl. abgedeckt oder überdacht
- teilgeschlossene Anlagen
Anlagen mit geschlossenen, belüfteten Reaktoren für die vorgeschaltete Hauptrotte; Nachrotte offen

- gekapselte Anlagen
vollständig geschlossene Anlagen, von der Anlieferung bis zur Nachrotte

differenzieren.

Hiermit sind

- kontinuierliche (z. B. Biofilter)
- diskontinuierliche Emissionen aus passiven und aktiven Quellen (z. B. Mieten, Fahrflächen)

im Verfahrensablauf verbunden, wobei notwendige Emissionsminderungsmaßnahmen hierauf abzustimmen sind.

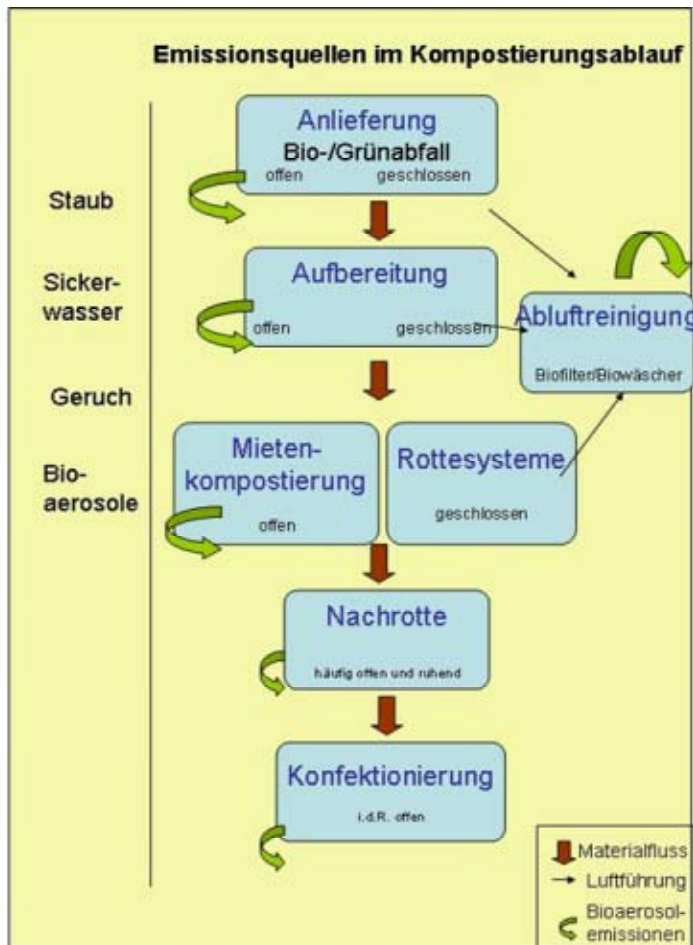


Abb. 1: Mögliche Bioaerosol- und Staubemissionsquellen im Verfahrensablauf von Kompostierungsanlagen

4 Minderungsmaßnahmen

Prinzipiell muss man davon ausgehen, dass alle geruchs- und staubreduzierenden Maßnahmen auch zur Verringerung der Bioaerosolemissionen beitragen. Thermische, biologische oder physikalisch-chemische Abluftreinigungsverfahren lassen sich zur Minimierung bei kontinuierlichen Quellen einsetzen.

Umfangreiche Messergebnisse und Literaturangaben zu unterschiedlichen Anlagenarten sind in der VDI 4255 [7] zusammengefasst. Eine abschließende Bewertung aller einsetzbarer bioaerosolmindernden Maßnahmen (siehe auch Anlage 1) ist derzeit noch nicht möglich. Hier besteht nach wie vor Forschungsbedarf auf der Grundlage standardisierter Verfahren um dauerhaft akzeptierte

Lösungsansätze und Bewertungen zu erreichen. Im Folgenden werden exemplarisch verschiedene Möglichkeiten zur Reduzierung der Bioaerosolemissionen angeführt.

4.1 Betriebstechnische Maßnahmen

Anlage 1 enthält eine zusammenfassende Darstellung emissionsrelevanter Anlagenteile und darauf abzustimmende betriebliche Vorkehrungen zur Minderung möglicher Bioaerosolemissionen [8].

Die dargestellten Maßnahmen orientieren sich an den derzeit für sinnvoll erachteten Staubminderungsmaßnahmen hinsichtlich folgender grundsätzlicher Forderungen:

- Minimierung der Materialbewegungen
- Minimierung von meteorologischen Einflüssen, hauptsächlich hinsichtlich Verwehungen
- Minimierung von Luft-/Abluftmengen
- Minimierung der Emissionen am Entstehungsort (z. B. Aggregatkapselung)

4.2 Planenkompostierung [9]

Semipermeable Planen können als unterschiedliche Komponenten zur Optimierung offener Kompostierungsverfahren eingesetzt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei ruhenden Mieten durch die Planenabdeckung unabhängig von den Keimgruppen eine Reduktion der Emissionen im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Vergleichsmiete erfolgt.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die flächenspezifischen Keimemissionen aus zwei Versuchen über den gesamten Rotteverlauf zweier abgedeckter Mieten (Miete A und B) im Vergleich zu einer nicht abgedeckten Vergleichsmiete C.

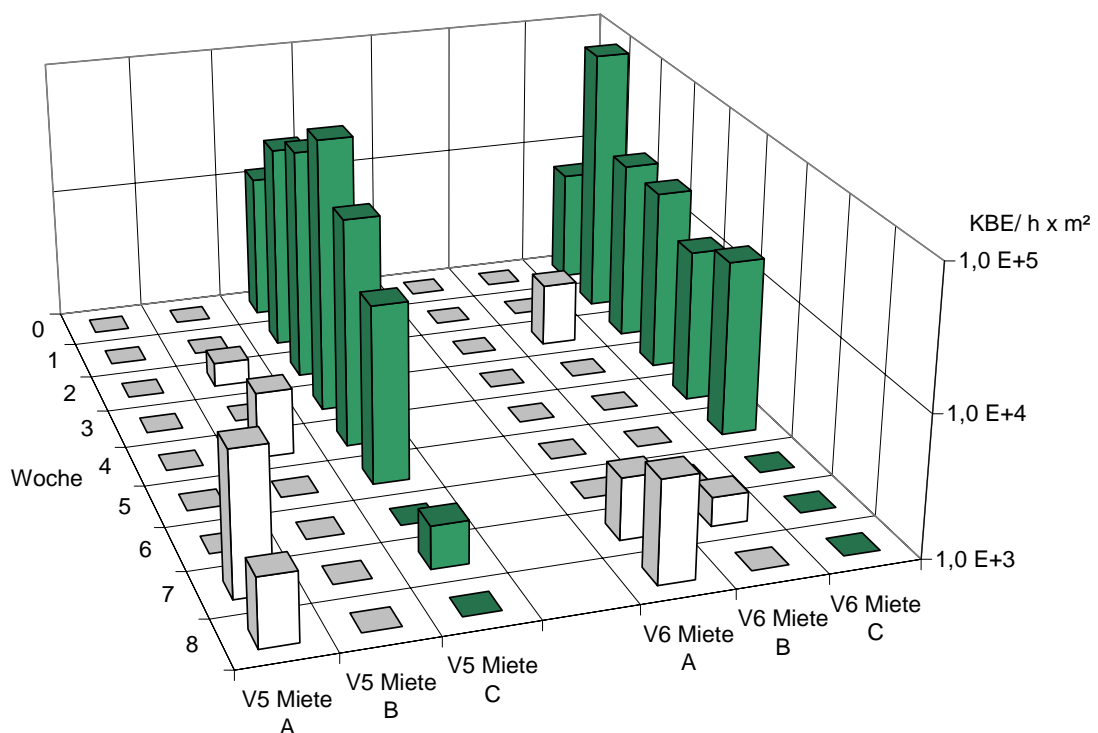


Abb. 2: Gesamtbakterienreduktionen durch planenabgedeckte Mieten (A und B)

Über den gesamten Rotteverlauf kann durch eine Planenabdeckung unabhängig von der Art der Planenabdeckung eine Reduktion der Keimemissionen von ruhenden Mieten um über 83 % bis nahezu 100 % im Vergleich zur offenen Mietenkompostierung erzielt werden.

4.3 Biofilter

Für die Abluftreinigung von Abluft aus Kompostierungsanlagen hat sich der Biofilter aufgrund seiner breiten Anwendungsmöglichkeit und wirtschaftlicher Aspekte durchgesetzt. Die biologische Abluftreinigung basiert auf der Fähigkeit von Mikroorganismen, bestimmte organische und anorganische, gasförmige Verbindungen biochemisch zu oxidieren. Verfahrenstechnisch kann dies in Biofiltern oder Biowäschern erfolgen. Biofilter können als Flächenfilter oder Containerfilter, offen bzw. geschlossen, mit oder ohne Abluftkamin ausgeführt und mit den unterschiedlichsten Filtermaterialien bestückt sein. Für eine optimierte Betriebsweise ist die VDI-Richtlinie 3477 [10] heranzuziehen.

Diese Vielfaltigkeit in der Ausgestaltung und Betriebsweise eines Biofilters erschwert generelle Aussagen zum Abscheideverhalten von Biofiltern, auch im Hinblick auf Mikroorganismen. Tendenziell wird jedoch in verschiedenen Untersuchungen deutlich, dass für die kompostierungsspezifischen mikrobiologischen Parameter eine Rückhaltung im Biofilter festzustellen ist, wobei der Minderungsgrad ebenso wie die Konzentrationen deutlichen Schwankungen unterworfen ist [11]. Allerdings verfügen viele der bisher durchgeführten Untersuchungen nicht über die notwendigen sachgerechten Rahmenbedingungen, wie z. B. isokinetische Messungen, zeitgleiche Reingas-/ Rohgasuntersuchungen. Legt man die nach diesen Vorgaben relevanten Untersuchungen für eine Einschätzung des Abscheideverhaltens von Biofiltern zugrunde, zeigt sich, dass die kompostspezifischen Parameter im Reingas geringere Konzentrationen gegenüber dem Rohgas aufweisen. Die Wirkungsgrade unterliegen allerdings größeren Schwankungen.

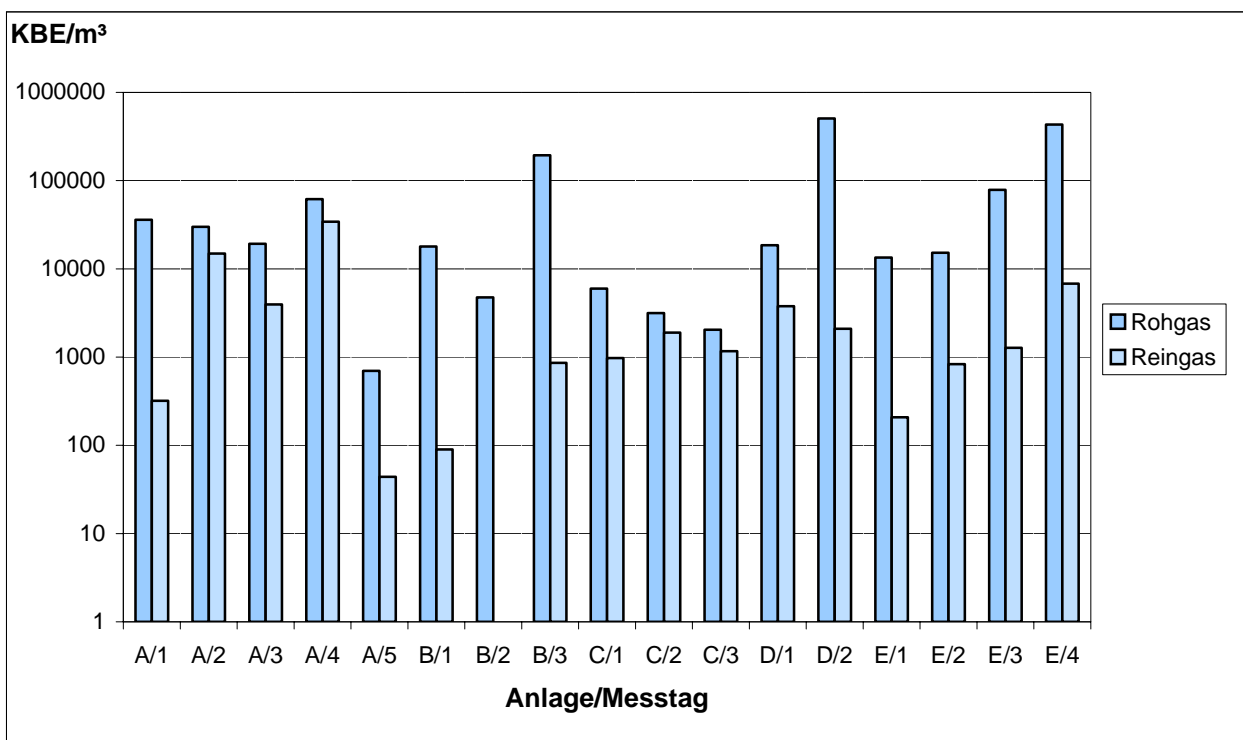


Abb. 3: Rohgas- und Reingaskonzentrationen von *Aspergillus fumigatus* aus Biofiltern [12]

Abbildung 3 zeigt exemplarisch Untersuchungsergebnisse von *Aspergillus fumigatus* aus Biofiltern, differenziert als Roh- und Reingasmessungen. Beprobte Biofilter von Abfallbehandlungsanlagen. Die ermittelten Messergebnisse zeigen, dass beim ordnungsgemäßen Betrieb der Biofilter eine graduell unterschiedliche Reduzierung von *Aspergillus fumigatus* erreicht wird. Die minimalen und maximalen Konzentrationen thermotoleranter Mikroorganismen zeigen insgesamt im Reingas jeweils bis zu zwei Zehnerpotenzen geringere Konzentrationen gegenüber den Rohgaswerten [12].

4.4 Thermisch-regenerative Abluftreinigung

Die thermische Abluftreinigung und als Weiterentwicklung die thermisch-regenerative Abluftreinigung kann als wirkungsvolle Begrenzung von Kohlenstoffkonzentrationen in der Abluft eingesetzt werden. In einer Brennkammer werden die Kohlenwasserstoffe zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert. Zur Reduzierung der einzusetzenden Energie erfolgt eine Wärmerückgewinnung mittels Keramik-Wärmetauscher.

Im Hinblick auf das Einhalten strenger Grenzwerte, großer Abluftmengen und anderer Einsatzgebiete ist davon auszugehen, dass bei der Minderung von Emissionen Alternativen zu der biologischen Abluftreinigung notwendig sein können. Bei der Restabfallaufbereitung wurde von der Fa. Herhof Umwelttechnik, Solms-Niederbiehl unter diesem Gesichtspunkt auch ein neues Abluftreinigungssystem („LARA“) entwickelt und umgesetzt [13].

Im Rahmen eines Messprogrammes zur Ermittlung von Bioaerosolen aus biologischen Abfallbehandlungsanlagen wurde auch eine thermisch-regenerative Abluftreinigungsanlage beprobt [14]. Durch die hohen Behandlungstemperaturen konnten *Aspergillus fumigatus* und thermotolerante Schimmelpilze vollständig reduziert, für thermotolerante Actinomyceten und Gesamtbakterien wurden Rückhalteeffizienzen zwischen 96,3 und 98,5 % ermittelt.

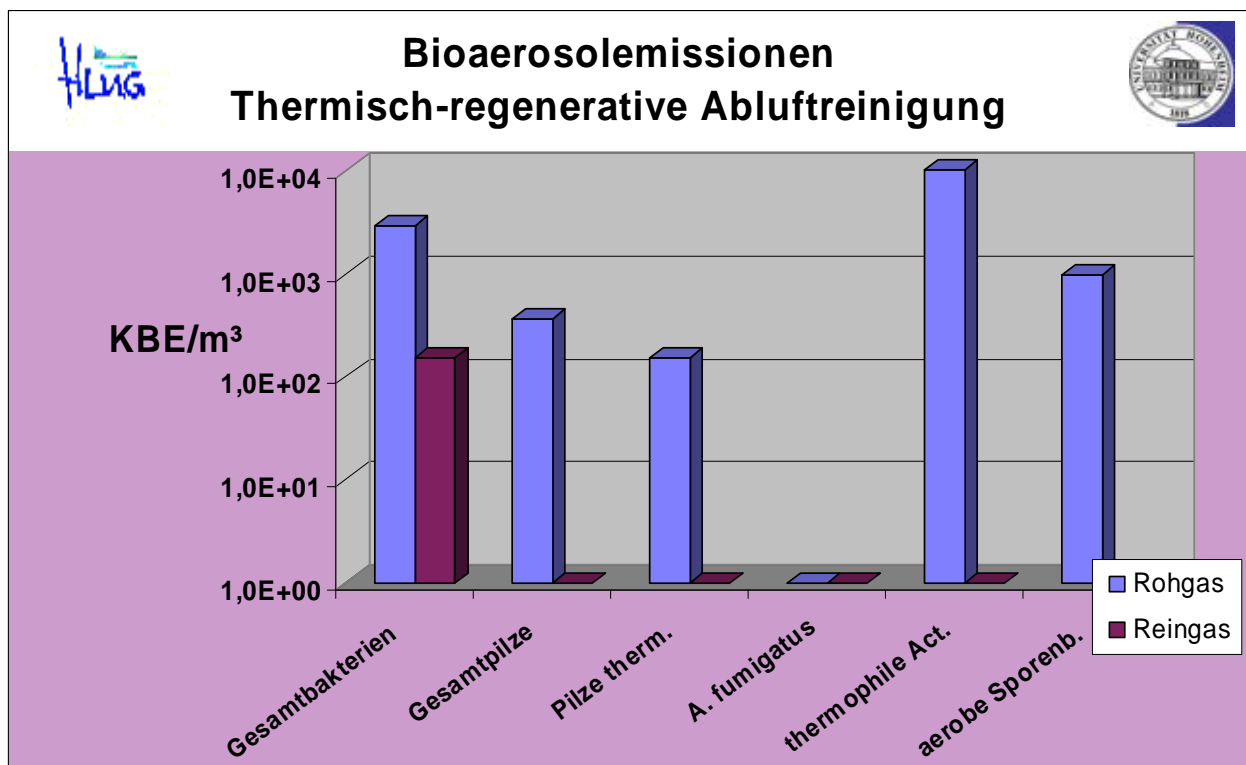


Abb. 4: Rohgas- und Reingaskonzentrationen nach thermisch-regenerativer Abluftreinigung [14]

5 Genehmigungrechtliche Umsetzung

Mit dem Genehmigungsverfahren ist auch bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen in Bezug auf Bioaerosole folgender zentraler Grundsatz des Bundesimmissionsschutzgesetzes (§ 5 (1) BImSchG) [15] einzuhalten:

„Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.“

Weiterhin ist nach der TA Luft [16] zu beurteilen, inwieweit diese Einwirkungen als erhebliche Nachteile, Gefahren oder erhebliche Belästigungen anzusehen sind (Abs. 2.2.1.3 TA Luft). Konkret beinhaltet die TA Luft 2002 auch Anforderungen zum Mindestabstand bzw. bauliche und betriebliche Anforderungen im Hinblick auf geruchsintensive Stoffe, Staub und Keime.

Auch ist gemäß TA Siedlungsabfall (TA SI) der Betrieb aerober mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen so zu führen, dass eine möglichst intensive biologische Umsetzung der Abfälle gewährleistet und eine Beeinträchtigung des Betriebspersonals und/oder der Nachbarschaft durch Pilzsporen, Geruch und schädliche Gase unterbunden wird.

Unsicherheiten und Schwierigkeiten bei der Durchführung von Genehmigungsverfahren und der Anlagenüberwachung ergeben sich durch fehlende konkretisierende Handlungsanleitungen.

6 Zusammenfassung

Nach heutigem Kenntnisstand sind eine Vielzahl emissionsmindernder Maßnahmen, die sich im Wesentlichen auf die Staubreduzierung beziehen, umsetzbar. Parallel hierzu gibt es in einigen Bundesländern Abstandsempfehlungen für Kompostierungsanlagen oder Deponien. Die Grundlage solcher Empfehlungen sind in aller Regel Geruchs- oder Staubemissionen ohne begründete Berücksichtigung möglicher Emissionen von luftgetragenen Mikroorganismen und deren Produkte.

Für eine sachgerechte und qualifizierte Beurteilung möglicher Emissionsquellen und Minderungsmaßnahmen fehlen zum heutigen Zeitpunkt allerdings noch vielfach die notwendigen repräsentativen Untersuchungen. Die Erkenntnisse für eine abschließende verfahrenstechnische Bewertung reichen nicht aus. Im Rahmen von Normungsarbeiten im VDI/DIN erfolgen nunmehr die notwendigen Arbeiten zur Standardisierung von Probenahme, Analytik, Messplanung und Wirkungsbeurteilung.

Literatur

- [1] Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen ‚Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern‘ Deutscher Bundestag DR 15/3600 02.07.2004
- [2] Abfallmengenbilanz Hessen 1995-2004. – Hrsg. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden
- [3] VDI 4251 Bl. 1: 2004-10 (Entwurf) Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Planung von anlagenbezogenen Messungen – Immissionsbestimmung durch Fahnenmessungen. Berlin; Beuth Verlag
- [4] VDI 4252 Bl. 2: 2002-04 Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Aktive Probenahme von Bioaerosolen. Berlin; Beuth Verlag
- [5] VDI 4253 Bl. 2: 2004-06 Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft; Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilz-Konzentration in der Luft. Berlin; Beuth Verlag
- [6] HELLER, D. und R. RABE: Ausbreitung von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen unterschiedlicher Bauart. – Gefahrstoff-Reinhaltung der Luft 61 (2001) Nr. 6, S. 245
- [7] VDI 4255 Bl. 1: 2005-10 Bioaerosole und biologische Agenzien; Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen. Berlin; Beuth Verlag
- [8] EIKMANN, T. und R. HOFMANN: Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung. – Band 30, Schriftenreihe des KRdI im VDI und DIN
- [9] KÜHNER, M.: Kompostierung unter semipermeablen Membranen. – Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Bd. 78
- [10] VDI 3477 2004-11 Biologische Abgasreinigung – Biofilter. Berlin; Beuth Verlag
- [11] SCHILLING, B. et al.: Bestimmung der Emissionen von Mikroorganismen aus Biofiltern und der Immissionskonzentrationen im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen in: Literaturstelle [8]
- [12] SCHILLING, B.: Emissionsminderung für Bioaerosole durch Biofilter in: Mikroorganismen in der Umgebung von Abfallbehandlungsanlagen; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie 2003
- [13] WENGENROTH, K.: Praktische Erfahrungen bei der Abluftbehandlung des Trockenstabilatverfahrens. – in: Bio- und Restabfallbehandlung IV, Baeza-Verlag, Witzenhausen
- [14] KUMMER, V., HAUMACHER, R., PHILIPP, W. UND BÖHM, R.: Untersuchungen zum Abscheideverhalten von Abluftreinigungsanlagen im Hinblick auf Bioaerosole. Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft 63, S. 368-372 und Internetseite www.hlug/abfall/Bioabfall/Projekte.de
- [15] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umweltwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG), zuletzt geändert am 27.07.2001 (BGBl. I S. 1950)
- [16] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.07. 2002

Emissionsrelevante Anlagenteile bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen und mögliche Minderungsmaßnahmen

Bereich	Emissionsrelevanz	Minderungsmaßnahmen abhängig von Standort, Verfahren		
		betriebliche Vorkehrungen	maschinentechnische Vorkehrungen	bauliche Vorkehrungen
Anlieferung (ggf. Bunkerbereich)	gering	zeitnahe Aufbereitung der Abfälle, regelmäßige Reinigung der Verkehrsflächen, zeitnahe Einbringung des Materials in den Aufbereitungs-/Behandlungsprozess	Ausrüstung der Sammelfahrzeuge mit Presswasserauffangbehältern, gezielte aktive Entlüftung des entsprechenden Bereiches, Einhausung (z. B. gekapselter Aufgabebunker)	Überdachung, Windschutz, Einhausung, Schmutzwasserfassungssystem
Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle (z. B. aus Biotonnen oder organische gewerbliche Abfälle)	mittel	langfristige Lagerungen möglichst vermeiden, regelmäßige Reinigung der Verkehrs- und Lagerflächen, Vermeidung von Wasserzutritt (z. B. Folienabdeckung), Auffangen und Ableiten von Presswasser, Abdeckung mit Planen	gezielte aktive Entlüftung des entsprechenden Bereiches, Einhausung (z. B. gekapselter Aufgabebunker)	Überdachung, Windschutz, Einhausung, Schmutzwasserfassungssystem
Zwischenlagerbereich für strukturreiche biogene Abfälle z. B. Grünschnitt aus Garten-/Parkanlagen	gering bis mittel	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, mit Presswasseraustritt ist jedoch in der Regel nicht zu rechnen, Abdeckung mit Planen	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, aufgrund der Relevanz wird auf eine aktive Entlüftung in der Regel verzichtet werden können	siehe Ausführungen zum Zwischenlagerbereich für strukturarme, biogene Abfälle, aufgrund der Relevanz wird in der Regel ein Windschutz, max. eine zusätzliche Überdachung ausreichen.
Aufbereitungsbereich	mittel bis hoch	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Bewässerung, Sprühnebel), möglichst geringe Betriebszeit	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Bewässerungs- bzw. Staubniederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche	Überdachung, Windschutz, Einhausung

Bereich	Emissionsrelevanz	Minderungsmaßnahmen abhängig von Standort, Verfahren		
		betriebliche Vorkehrungen	maschinentechnische Vorkehrungen	bauliche Vorkehrungen
biologische Behandlung	je nach Verfahren gering (z.B. Teilschritt Vergärung) bis hoch, Spitzen bei Umsetzungsvorgängen (Rotteverfahren)	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Bewässerung, Sprühnebel) Rotteverfahren: Sicherstellung eines opt. Wassergehalts in den jeweiligen Behandlungsschritten, Vermeidung von anaeroben Zonen (z. B. Anordnung einer Häckselmatte unterhalb der Mieten), Berücksichtigung der meteorologischen Daten bei relevanten Behandlungsschritten, Abdeckung des Materials mit Planen	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Bewässerungs- bzw. Staubbiederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche, aktive Belüftung (Absaugung)	Überdachung, Windschutz, Einhausung
Konfektionierung (z. B. Frisch- und Fertigungskompost, heizwertreiche Fraktion)	mittel bis hoch	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen vermeiden (Sprühnebel)	geringe Fallhöhen bzw. Übergabestellen gekapselt, Maschinenaggregate nach Möglichkeit kapseln, Staubbiederschlagssysteme an den Aggregaten, aktive Entlüftung der gekapselten Aggregate bzw. der geschlossenen Bereiche, aktive Belüftung (Absaugung)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Lager	gering (ohne Materialbewegung) bis mittel	Abstimmung der erforderlichen Lagerkapazitäten auf das jeweilige Verwertungs-/Entsorgungskonzept, möglichst geringe Lagerzeiten und Lagermengen realisieren. Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Staubemissionen minimieren (Folienabdeckung, Sprühnebel), optimalen Wassergehalt beachten, Abdeckung des Materials mit Planen	maschinelle Lagerbewirtschaftung und dadurch Realisierung von geringen Fallhöhen und Staubbiederschlagssysteme (wirtschaftlich nur bei großen Anlagen vertretbar)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Verladung und Abtransport	gering bis mittel	Materialbewegungen auf ein Minimum reduzieren, Transportfahrzeuge abdecken	maschinelle Verladung (z. B. Containerverladung, Absackanlagen)	Überdachung, Windschutz (besonders wichtig), Einhausung
Verkehrswege	mittel (gering bis hoch)	regelmäßige Wartung, nach Möglichkeit feucht	Kehrmaschinen, bei trockener Reinigung Absaugsysteme einsetzen	

Tagungsleitung / Referenten

- | | |
|---|---|
| Dr. Bernd Matthes
Vizepräsident
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Hans-Högn-Straße 12
95030 Hof | Tel.: (09281) 18 00 – 45 00
Fax: (09281) 18 00 – 45 19
E-Mail: bernd.matthes@lfu.bayern.de |
| Franz Emmerig
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86177 Augsburg | Tel.: (0821) 90 71 – 53 55
E-Mail: franz.emmerig@lfu.bayern.de |
| Ralf Beck
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86177 Augsburg | Tel.: (0821) 90 71 – 53 72
E-Mail: ralf.beck@lfu.bayern.de |
| Prof. Dr. med. Thomas Eikmann
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Friedrichstraße 16
35392 Gießen | Tel.: (0641) 99 41 45 – 0
E-Mail: thomas.eikmann@hygiene.med.uni-giessen.de |
| Prof. Dr. rer. nat. Guido Fischer
Universitätsklinikum Aachen
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Powellsstr. 30
52074 Aachen | Tel.: (0241) 8 08 28 88 76
E-Mail: guido.fischer@post.rwth-aachen.de |
| Dirk Heller
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
45133 Essen | Tel.: (0201) 79 95 – 14 56
E-Mail: dirk.heller@lua.nrw.de |
| Volker Kummer
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden | Tel.: (0611) 69 39 – 7 94
E-Mail: v.kummer@hlug.de |
| Thomas Lung
Ingenieurbüro Thomas Lung
Eosanderstr. 17
10587 Berlin | Tel.: (030) 34 70 38 01
E-Mail: t.lung@gmx.de |
| Dr. Joachim Müssen
Dr. Müssen + Partner
Beratende Ingenieure für Abfallwirtschaft
Reinsburgstraße 110
70197 Stuttgart | Tel.: (0711) 61 59 08 2
E-Mail: mail@muesken-partner.de |
| Dr. Irene Tesseraux
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)
Postfach 10 01 63
76231 Karlsruhe | Tel.: (0721) 56 00 – 12 62
E-Mail: irene.tesseraux@lubw.bwl.de |